

طرق التعبير الكمي عن النمو النباتي

يُعبّر العلماء عن النمو النباتي بطريقة كمية باستعمال معادلات رياضية خاصة، تعرف بمعادلات النمو Growth Formulas، أو دلائل النمو Growth Parameters. تفيد هذه المعادلات في دراسة تأثير المعاملات التجريبية والعوامل البيئية على النمو النباتي، وكذلك في تحليل الاختلافات بين السلالات وإرجاعها إلى أسبابها الأولية. وتتداخل الدلائل ومعادلات النمو البيولوجية مع قيم أخرى فيزيائية محضة؛ ولذا.. فإننا نناقش الأمر كله جملة واحدة، مع تسلسل التفاصيل أقرب ما يكون إلى المنطق الذي يعين القارئ على استيعاب الموضوع.

معادلات النمو النباتي وما يرتبط بها من قيم فيزيائية وبيولوجية

١ - الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات: يرمز لها بالرمز (S)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية Calories.

٢ - الطاقة الشمسية النافذة transmitted (التي تسجل تحت النمو الخضري للنبات): يرمز لها بالرمز (S_t)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية.

٣ - المحصول البيولوجي Biological yield :

هو الوزن الجاف لكل الأعضاء النباتية، بما في ذلك وزن الأجزاء الاقتصادية (أي التي يزرع من أجلها النبات. وهو تقدير للمحصلة النهائية لعمليات البناء الضوئي، والتنفس، وامتصاص العناصر. وبرغم أن وزن المجموع الجذري هو جزء من المحصول البيولوجي،

إلا أنه يهمل - عادة - لصعوبة تقديره بدقة، ولذا.. فإن النبات يقطع عند سطح التربة - عند النضج أو الحصاد - لتقدير وزنه الجاف، ويرمز للمحصول البيولوجي بالرمز (W).

٤ - الوزن الجاف - لكل الأعضاء النباتية - المتراكم خلال فترة زمنية محددة، تم خلالها تقدير كل من (S)، و (S_i) كميًا (علما بأن الفترة الزمنية المعنية يمكن أن تكون يوما، أو أسبوعاً، أو حتى موسماً زراعياً كاملاً): يرمز لهذه القيمة بالرمز (ΔW - دلتا دبليو)، ويمكن أن يعبر عنها بالسعرات الحرارية بضرب الوزن الجاف بالجرام في ٤.٠٠٠، لأن كل جرام من الوزن الجاف يعادل - في المتوسط - ٤.٠٠٠ سعر حراري.

٥ - كفاءة إعتراض أو استقبال الضوء الساقط Efficiency of Interception : يرمز لها بالرمز (E_i)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلي:

$$E_i = \frac{S - S_i}{S} \times 100$$

أو بالمعادلة $E_i = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة absorbed} - \text{الطاقة الشمسية المنعكسة reflected}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات incident}} \times 100$

فهي الطاقة الشمسية التي استقبلها النبات واحتجزها كنسبة مئوية من الطاقة الشمسية الكلية الساقطة عليه، أو هي حاصل طرح نسبة الطاقة الشمسية النافذة من مئة. وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للمساحة الورقية.

٦ - كفاءة امتصاص الطاقة الشمسية Efficiency of Absorption :

يرمز لها بالرمز (E_a)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلي :

$$E_a = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times 100$$

$$= \frac{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة} - \text{الطاقة المنعكسة} - \text{الطاقة النافذة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times 100$$

وتعد كفاءة الامتصاص (E_a) بمثابة تقدير جيد لنسبة الطاقة الشمسية الساقطة على

النبات، والتي أستقبلها واستفاد منها في عملية البناء الضوئي.

٧ - كفاءة الاستخدام Efficiency of Utilization:

يرمز لها بالرمز (E_u)، وتقدر كما يلي :

$$E_u = \frac{\text{صافي الطاقة الشمسية التي تُبَتَّت في عملية البناء الضوئي}}{\text{الطاقة التي اعترضها أو استقبلها النبات}}$$

$$= \frac{4000 \times \Delta W}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة - الطاقة الشمسية النافذة}}$$

أو هي :

$$E_u = \frac{\Delta W \times 4000}{S - S_t}$$

$$= \frac{\Delta W \times 4000}{S \times E_i}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate المقدرة على

أساس وحدة المساحة من الأرض التي يشغلها النبات.

٨ - كفاءة التحويل Efficiency of Conversion :

يرمز لها بالرمز (E_c)، وتقدر كما يلي :

$$E_c = E_i \times E_u$$

$$= \frac{W \times 4000}{S}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير لمعدل النمو المحصولي Crop Growth Rate .

٩ - نسبة الانعكاس Percent Reflection:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (A)، وتقدر كما يلي :

$$A = \frac{\text{الطاقة الشمسية المعكوسة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times 100$$

١٠ - نسبة النفاذ Percent Transmission:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (k)، وتقدر كما يلي:

$$k = \frac{S_t}{S} \times 100$$

١١ - معامل انقراض (احتجاز) الضوء Light Extinction Coefficient بواسطة النبات،

يعطى الرمز (K).

١٢ - المحصول الاقتصادي Economic Yield:

هو العضو النباتي أو الأعضاء النباتية التي يزرع من أجلها المحصول، ويعطى

الرمز (EY).

١٣ - المساحة الورقية الكلية Total Leaf Area:

هي مجموع مساحة الأوراق التي ينتجها النبات، ويرمز لها بالرمز (L).

١٤ - الوزن النوعي للورقة Specific Leaf Weight:

هو الوزن الجاف لوحدة المساحة من الورقة. يرمز لهذه القيمة بالرمز (SLW)، وتقدر

بالسنتمتر المربع لكل جرام من الوزن الجاف من الورقة (cm^2g^{-1})، وهي تعكس سمك

الورقة، حيث يزداد السمك كلما ازدادت هذه القيمة.

١٥ - فترة بقاء الأوراق على كفافها في عملية البناء الضوئي Leal Area Duration :
تأخذ هذه القيمة الرمز (LAD)، وتقدر كما يلي:

$$LAD = L \times \text{time}$$

١٦ - المساحة النسبية للأوراق Leaf Area Ratio :

هي نسبة مساحة أوراق النبات (L) إلى وزن النبات الجاف الكلي (W)، ويرمز لها - غالباً - بالرمز (LAR) - وأحياناً - بالرمز (F)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$LAR = \frac{L}{W}$$

$$LAR = \frac{(L_2 - L_1) (\log_e W_2 - \log_e W_1)}{(W_2 - W_1) (\log_e L_2 - \log_e L_1)}$$

حيث إن: L_1 و L_2 هما مساحة الأوراق، و W_1 و W_2 هما وزن الأوراق في بداية ونهاية فترة زمنية من t_1 إلى t_2 ، ويعبر عنها باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ.

١٧ - دليل مساحة الورقة Leaf Area Index :

هو مساحة المسطح الورقي بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التي يشغلها النبات، ويرمز له بالرمز (LAI)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$\text{دليل مساحة الورقة (LAI)} = \frac{\text{مساحة أوراق النبات (L)}}{\text{مساحة الأرض التي يشغلها النبات (P)}}$$

ويعني بالمسطح الورقي مساحة أحد سطحي الورقة، وليس كليهما.

ويقدر متوسط دليل مساحة الورقة خلال فترة زمنية (\overline{LAI}) بالمعادلة التالية:

$$\overline{LAI} = \frac{F_2 - F_1}{\log_e F_2 - \log_e F_1}$$

حيث إن :

F_1 و F_2 هما مساحة الأوراق/ وحدة المساحة من الأرض في بداية ونهاية الفترة الزمنية، على التوالي.

ويصل البناء الضوئي - عادة - إلى أكبر معدل له (بالنسبة للنبات ككل) عندما تصل قيمة دليل مساحة الورقة إلى ٥,٠ أو أكثر. ويتأثر ذلك بنظام ترتيب وتوزيع الأوراق على النبات. ومما تجدر ملاحظته أن الأوراق السفلية التي لا يصل إليها ضوء كاف قد تستهلك من الغذاء - أثناء تنفسها - كمية أكبر من تلك التي يمكنها تصنيعها.

١٨ - معدل النمو النسبي للورقة Relative Leaf Growth Rate:

هو مقدار الزيادة في المساحة الورقية في وحدة الزمن، ويرمز له بالرمز (RLGR)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RLGR = \frac{\Delta L}{L \times \text{time}}$$

$$= (\log_e L_2 - \log_e L_1) / (t_2 - t_1)$$

حيث ΔL (تقرأ دلتا إل) هو التغير في المساحة الورقية في وحدة الزمن، والـ "time" هو هذه الوحدة الزمنية، و (L) المساحة الورقية الأصلية. وتلك هي القيم اللازمة لحساب معدل النمو النسبي للورقة حسب المعادلة الأولى.

أما في المعادلة الثانية.. فإن L_1 و L_2 تمثلان المساحة الكلية للأوراق في أوقات t_1 و t_2 ، قبل وبعد فترة زمنية معينة، وتقدر الفترة الزمنية باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ. (يلاحظ أن اللوغاريتم للأساس e وليس للأساس ١٠).

١٩ - معدل النمو النسبي Relative Growth Rate:

هو الوزن الجاف المتراكم للنبات لكل وحدة من الوزن الأصلي خلال وحدة زمنية معينة، ويرمز له - غالباً - بالرمز (RGR) - وأحياناً - بالرمز (r)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RGR = \frac{\Delta W}{W \times \text{time}}$$

$$= (\log_e W_2 - \log_e W_1) / (t_2 - t_1)$$

حيث إن :

ΔW : (تقرأ دلتا دبليو) هو التغير في الوزن الجاف للنبات في وحدة الزمن.

time: وحدة الزمن.

W_1 : الوزن الجاف للنبات في وقت معين t_1 ، و W_2 : الوزن الجاف في وقت آخر t_2 بعد انقضاء فترة زمنية معينة.

وقد يستبدل الوزن الجاف للنبات بأي مقياس آخر، كطول النبات مثلاً.

٢٠ - معدل النمو المحصولي Crop Growth Rate:

هو الوزن الجاف للنبات المتراكم في وحدة زمنية معينة لكل وحدة من مساحة الأرض، ويرمز له بالرمز (CGR)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$CGR = \frac{\Delta W}{P \times \text{time}}$$

حيث إن P هي وحدة المساحة من الأرض التي يشغلها النبات.

كما أن :

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

٢١ - الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate:

هي الوزن الجاف المتراكم لكل وحدة مساحة ورقية في وحدة الزمن. وهي ليست مقياساً دقيقاً لمدى كفاءة عملية البناء الضوئي، ولكنها مقياس للزيادة في الوزن الجاف للنبات، والتي هي محصلة الفرق بين البناء الضوئي والتنفس، ويرمز لها - غالباً - بالرمز (NAR) - وأحياناً - بالرمز (E)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$NAR = \frac{\Delta W}{L \times \text{time}}$$

$$= \frac{(W_2 - W_1) (\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(L_2 - L_1) (t_2 - t_1)}$$

وقد سبقت الإشارة إلى مدلولات جميع الرموز المستخدمة في المعادلتين.

وقد يعبر عن (L) بمقاييس أخرى، مثل وزن الأوراق، أو محتواها من النيتروجين، أو البروتين، ويعطى ذلك قيماً مختلفة للكفاءة التمثيلية. ولذا.. فإنها قد تعطى الرمز (E) عند استعمال مساحة الأوراق، والرمز (E_w) عند استعمال وزن الأوراق... إلخ.

كذلك فإن :

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\log_e F_2 - \log_e F_1}{F_2 - F_1}$$

حيث إن :

W = الوزن الجاف/ وحدة المساحة من الأرض.

F = المساحة الورقية/ وحدة المساحة من الأرض.

ويستدل مما تقدم بيانه أن :

معدل النمو النسبي (RGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × المساحة النسبية

للأوراق (LAR).

معدل النمو المحصولي (CGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × دليل مساحة الورقة (LAI).

٢٢ - دليل الحصاد Harvest Index :

يطلق على دليل الحصاد أحيانا الأسماء: معامل الفاعلية Coefficient of Effectiveness ومعامل انتقال الغذاء إلى الأجزاء الاقتصادية للنبات (معامل الهجرة) Migration Coefficient، وهو المحصول الاقتصادي كنسبة مئوية من الوزن الجاف الكلي للنبات، ويرمز له بالرمز (HI)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$HI = \frac{EY}{W} \times 100$$

حيث إن :

EY = المحصول الاقتصادي (الجزء النباتي الذي يزرع من أجله المحصول).

W = المحصول البيولوجي (الوزن الجاف الكلي للنبات) (عن Thorne، ١٩٦٠، و Wallace وآخرين ١٩٧٢، و Evans ١٩٧٢، و Bleasdale ١٩٧٣، و Leopold & Kriedmann ١٩٧٥، و Malash ١٩٧٩، و Stoskopf ١٩٨١، و Kalloo ١٩٨٨).

٢٣ - القوة النسبية للأعضاء الاقتصادية من النبات على جذب الغذاء إليها Relative Sink Strength: يرمز إليها بالرمز (RSS)، وهي قيمة اقترحها Scully & Wallace (١٩٩٠) من دراساتهم على الفاصوليا الجافة، وتقدر كما يلي:

$$RSS = \frac{\text{معدل نمو البنور (المحصول الاقتصادي)}}{\text{معدل الزيادة في المحصول البيولوجي}}$$

وفي الفاصوليا، تدل قيم الـ RSS المساوية للواحد الصحيح - أو التي تزيد عليه - على

تمتع البذور بقدرة عالية على جذب الغذاء إليها وتخزينه فيها، وقدرة عالية للنبات على نقل هذا الغذاء المجهز إليها. ويمكن استبدال البنور في المعادلة بأى عضو نباتى اقتصادى آخر - كالجذور أو الدرنات مثلاً - حسب المحصول.

٢٤ - درجة الإنتاجية Productivity Score:

هى حاصل جمع كل من: المحصول الاقتصادى، والمحصول البيولوجى، ودليل الحصاد. تعد درجة الإنتاجية مقياساً واحداً لمقارنة التباينات بين التراكيب الوراثية فى المحصول، وعند مقارنة تأثير بعض المعاملات (عن Stoskopf ١٩٨١).

أهمية دلائل النمو

دليل الحصاد

أهم ما يتميز به دليل الحصاد أنه قيمة واقعية عملية؛ فهو يمثل المحصول الاقتصادى (الذى يزرع من أجله المحصول) كنسبة مئوية من المحصول البيولوجى (الوزن الجاف الكلى للنبات الذى يمثل محصلة عمليات البناء الضوئى، والتنفس، وامتصاص العناصر). ولقد كان دليل الحصاد المرتفع هو السبب الرئيسى وراء الزيادة الكبيرة التى تحققت فى محاصيل الحبوب.

إن الاختلافات فى الصفات المورفولوجية التى تؤثر فى دليل الحصاد تؤثر كذلك - عادة - فى صفات أخرى. فمثلاً، كان دليل الحصاد المرتفع فى محاصيل الحبوب نوات موسم النمو البارد مرتبطاً بالإزهار المبكر، والأوراق والسيقان القصيرة، حيث يكون توجيه الغذاء المجهز إلى الجزء الاقتصادى من النبات مبكراً، وبنسبة أعلى مما يوجه إلى الحبوب فى الأصناف ذات الأوراق والسيقان الكبيرة الحجم. ولكن يجب أن نتذكر أن المحصول الاقتصادى يتأثر بالمحصول البيولوجى مثلما يتأثر بدليل الحصاد.

يزيد دليل الحصاد فى البطاطس على ٠,٨؛ وبذا.. فإن قيمته عالية إلى درجة قد يكون

من الصعب زيادتها على ذلك. وفي محاصيل الحبوب يتراوح دليل الحصاد من ٠,٥ - ٠,٦؛ أى إنه مرتفع إلى درجة أن زيادته على ذلك ربما لا تصاحبها زيادة مماثلة في المحصول.

أما في البقوليات الاستوائية.. فإن دليل الحصاد يتراوح من ٠,٣ - ٠,٤؛ ولذا.. فإن محصولها الاقتصادي يمكن أن يتحسن بالانتخاب لتحسين دليل الحصاد عن ذلك. وتتوفر في تلك المحاصيل الاختلافات الوراثية التي تسمح بتوجيه نسبة أعلى من الغذاء المجهز إلى الأجزاء الاقتصادية من النباتات.

ولقد وجد في القمح أن محصول الحبوب يزداد بزيادة الفترة التي تمر ما بين توقف النبات عن النمو الطولى وبداية مرحلة الامتلاء السريع للحبوب، كما أن دليل الحصاد يرتبط سلبياً بتكوين الخلفات، وكانت الأصناف العالية المحصول عالية في دليل الحصاد.

وبرغم أن تأثير دليل الحصاد في المحصول الاقتصادي أهم من تأثير المحصول البيولوجي (على الأقل في محاصيل الحبوب).. فإن تحسين دليل الحصاد يجب أن يتم من خلال تشكيل النبات - وراثياً - بما يسمح بتحقيق زيادة في المحصول البيولوجي أيضاً (عن Frey ١٩٨١).

ويرتبط محصول البطاطا إيجابياً بدليل الحصاد الذي يصل إلى ٦٦,٣٪ في الأصناف العالية المحصول. وقد تراوح دليل الحصاد في سبعة أصناف من الفلفل من ٣٩,٧ - ٦٩,٤٪، وكان دليل الحصاد مرتبطاً إيجابياً بالمحصول البيولوجي. ووجدت اختلافات كبيرة جداً بين أصناف الطماطم في دليل الحصاد، الذي كان أعلى في الأصناف المحدودة النمو عما في الأصناف غير المحدودة النمو.

أما في محاصيل الخضر الورقية.. فإن معدل النمو المطلق Absolute Growth Rate أو الكلى يكون مهماً؛ نظراً لأن كل - أو معظم - الأجزاء النباتية تكون اقتصادية. ففي هذه

الحالات.. يكون المحصول البيولوجى والمحصول الاقتصادى متساويين تقريباً. (عن Kalloo ١٩٨٨).

وقد تراوح دليل الحصاد - فى أصناف مختلفة - من ٢٣ إلى ٥١٪ فى الفول السودانى، ومن ٥٪ إلى ٥١٪ فى الجنس *Triticum*.

ووجدت اختلافات كبيرة فى دليل الحصاد بين ٢٤ صنفاً وسلالة من فول الصويا، ولكن لم تظهر علاقة واضحة بين المحصول ودليل الحصاد. كذلك تراوح دليل الحصاد من ٤٤ - ٥٥٪ بين سبعة أصناف وسلالات من الفاصوليا، ولم يظهر فيها - كذلك - علاقة واضحة بين الصفتين.

كما سجلت - كذلك - اختلافات كبيرة فى دليل الحصاد بين أصناف وسلالات المحاصيل الدرنية؛ حيث تراوح من ٦٥ - ٨٠٪ فى البطاطس، ومن ١٠٢ - ٥٦٪، و٣٧ - ٨١٪، و٦٤ - ٨٤٪ فى (دراسات مختلفة) فى البطاطا، ومن ٢٥ - ٦٠٪ فى الكاسافا (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

الكفاءة التمثيلية

تستخدم الكفاءة التمثيلية كمقياس لمعدل البناء الضوئى مطروحاً منه الفاقد بالتنفس. وتتأثر الكفاءة التمثيلية بكل من: درجة الحرارة، والضوء، وغاز ثانى أكسيد الكربون، والماء وعمر الأوراق، والعناصر المعدنية التى يحتاج إليها النبات، ومحتوى الكلوروفيل بالأوراق، والتركيب الوراثى للنبات.

وتعد درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى الكفاءة التمثيلية لتأثيرها المزدوج فى كل من عمليتى التنفس والبناء الضوئى. فكل عملية حيوية نباتية تتم فى حدود حرارية معينة. فبعد درجة حرارة صغرى Minimum temperature (أو درجة حرارة الأساس base temperature) نجد أن ارتفاع درجة الحرارة يكون مصاحباً بزيادة فى معدل العملية الحيوية (مثل التنفس، والنمو، والبناء الضوئى إلخ)، ويعرف معدل الزيادة باسم قيمة Q_{10} .

ولكل عملية حيوية Q_{10} خاص بها. ويعنى $Q_{10} = 2$ - مثلاً - أن معدل العملية الحيوية يتضاعف مع كل ارتفاع في الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية، ولكن ذلك يكون في المجال الحراري المحصور فيما بين درجة الحرارة الصغرى، ودرجة الحرارة المثلى - Optimum temperature التي تكون فيها العملية الحيوية في أعلى معدلاتها. وبارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى ينخفض معدل العملية الحيوية إلى أن يتوقف تماماً - مرة أخرى - عند درجة الحرارة العظمى Maximum temperature.

وتختلف تلك الدرجات الثلاث (الصغرى، والمثلى، والعظمى) كثيراً باختلاف النوع النباتي، والصنف، وعمر النبات، والعملية الحيوية ذاتها. فمثلاً.. نجد في الذرة أن درجات الحرارة الصغرى، والمثلى، والعظمى هي - على التوالي - ١٠م، و٣٠م، و٤٥م بالنسبة للكفاءة التمثيلية، و٨م، و٣٢م، و٤٥م، و٤٤م بالنسبة لإنبات البنور.

ونجد أن معدل التنفس الضوئي Photorespiration يزداد - بارتفاع درجة الحرارة - بدرجة أكبر من معدل ازدياد التنفس الظلامي dark respiration. كما أن معدل التنفس الضوئي يزداد - في الحرارة العالية - بدرجة أكبر من معدل الزيادة في البناء الضوئي. فمثلاً.. وجد في البطاطس أن معدل البناء الضوئي يصل أقصاه في حرارة ٢٠م، ولكن التنفس يكون - في تلك الدرجة - حوالي ١٢٪ فقط من أقصى معدلاته الممكنة. وبارتفاع الحرارة إلى ٤٨م يصل التنفس إلى أقصى معدلاته بينما ينخفض معدل البناء الضوئي إلى الصفر. ومن الطبيعي أن تنخفض الكفاءة التمثيلية - في حالات كهذه - مع أي ارتفاع في درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للبناء الضوئي.

وفي البرسيم الحجازي قدرت الـ Q_{10} بنحو ١,٤٦ للتنفس، مقارنة بنحو ١,١٨ للكفاءة التمثيلية؛ الأمر الذي يعنى ازدياد معدل التنفس بدرجة أكبر من ازدياد معدل البناء الضوئي مع ارتفاع درجة الحرارة. ففيما بين درجتى حرارة ٩م، و٢٦م كان التأثير الإيجابي لارتفاع الحرارة على معدل البناء الضوئي نحو خمس تأثيرها السلبي الناشئ عن زيادتها لمعدل التنفس.

ويكون التأثير السلبي لارتفاع درجة الحرارة أكثر وضوحاً، وأشدّ وقعاً على النباتات الـ C_3 ؛ مما يكون عليه الحال في النباتات الـ C_4 (يراجع لذلك الفصل الثاني). كما أن تأثير الحرارة يختلف بشدة فيما بين النجيليات الاستوائية ونجيليات المناطق الباردة. فنجد - مثلاً - أن الكفاءة التمثيلية تبلغ أقصى معدلاتها في حرارة 20°C - 25°C في نجيليات المناطق الباردة، بينما يرتفع المجال الحراري المثالي للكفاءة التمثيلية إلى 20°C - 25°C في النجيليات الاستوائية، بما في ذلك الذرة.

وقد جد في القمح الربيعي - وهو من نباتات المناطق الباردة ذات المسار البنائي C_3 - أن ارتفاع الحرارة درجة واحدة مئوية - في بداية مرحلة تكوين السنابل - كان مصاحباً بانخفاض قدره 4% في محصول الحبوب.

ومن ناحية أخرى.. فإن انخفاض شدة الإضاءة، وتقدم الأوراق في العمر يكون مصاحباً بانخفاض في معدل البناء الضوئي، بينما تبقى معدلات التنفس على ما هي عليه ما دامت الأوراق حية. ويبين جدول (١ - ١) تلك العلاقة في مثال افتراضي.

يتبين من الجدول أن البناء الضوئي في النبات الكبير (ذى الأوراق السبع) أعلى مما في النبات الصغير (ذى الأوراق الأربع)، ولكن إجمالي التنفس في النبات الكبير أعلى بكثير مما في النبات الصغير؛ الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الكفاءة التمثيلية في النبات الكبير مقارنة بالنبات الصغير.

وبرغم أنه يتم التحكم - عملياً - في شدة التظليل، وعدد الأوراق المسنة ببعض العمليات الزراعية، مثل التحكم في كثافة الزراعة، ونظام الزراعة، والتقليم، وحش نباتات المراعى... إلخ، إلا أن تلك الأمور لا تدخل ضمن اهتماماتنا في هذا الكتاب. فما يهمنا هو التحكم الوراثي في النمو النباتي بحيث يقل التظليل، وتتجه النباتات مبكراً نحو الإثمار؛ الأمر الذي يتحقق - مثلاً - في أصناف الطماطم المحددة النمو.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الكفاءة التمثيلية كانت صفراً في الورقة الخامسة (جدول ١-١)، بينما كانت سالبة القيمة في الورقتين السادسة والسابعة ويقال على الورقة الخامسة - في حالات كهذه - بأنها وصلت إلى نقطة التعادل، Compensation Point؛ حيث

جدول (١ - ١): علاقة عدد الأوراق، وعمرها بكل من معدل البناء الضوئي، والتنفس، وتأثير ذلك في الكفاءة التمثيلية على مستوى الورقة، ومستوى النبات في كل من النباتات الصغيرة والكبيرة (مثال افتراضي).

عمر النبات	رقم الورقة	معدل البناء الضوئي	معدل التنفس	الكفاءة التمثيلية
النبات الصغير	١	١٢	٢	١٠
(٤ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
		٣١	٨	٢٤
نبات أكبر عمرا	١	١٢	٢	١٠
(٧ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
	٥	٢	٢	صفر
	٦	صفر	٢	٢-
	٧	صفر	١	١-
		٣٢	١٣	٢١

كان الفقد فيها بالتنفس مكافئاً للزيادة بالبناء الضوئي. أما الورقتان السادسة والسابعة فيقال أنهما متطفلتان Parasitic على النبات، وهو وصف يطلق على الأوراق التي تفقد من الغذاء - بالتنفس - أكثر مما تصنعه بالبناء الضوئي. ولكي يجب ألا ننسى أن الأوراق الخامسة، والسادسة، والسابعة تلك كانت قد أسهمت - في النبات الصغير، أي وهي صغيرة - في الكفاءة التمثيلية بدرجة عالية، حيث كان صافي إسهامها في النمو النباتي إيجابياً.

المساحة الورقية الكلية

يعتقد دائماً أن المساحة الورقية الكلية هي مقياس لقدرة النبات على البناء الضوئي، ولكن يجب أن يؤخذ في الحسبان أن المسطحات الخضراء الأخرى للنبات تكون - أيضاً - قادرة على القيام بعملية البناء الضوئي، وربما تسهم بنصيب كبير في إجمالي إنتاج المادة الجافة في النبات.

فإلى جانب أنصال الأوراق.. يحدث البناء الضوئي في جميع الأجزاء الخضراء، بما في ذلك السيقان، وأغصان الأوراق، والسفوف، والقنبيات، والأذينات، وأغلفة الكيزان، والقرون الخضراء إلخ. وتوجد بعض هذه الأعضاء في الجزء العلوي من النبات، فلا تتعرض للتظليل، وتكون نشطة في عملية البناء الضوئي.

ويعتقد البعض أن قدرة أغصان وأوراق ونورات الحبوب الصغيرة على البناء الضوئي تبلغ نحو ٥٠ - ١٠٠٪ من قدرة أنصال الأوراق ذاتها. ووجد أن أغصان أوراق الشعير تسهم بنحو ١٥ - ٤٠٪ من محصول الحبوب، وأن السنبله تسهم بنحو ٩٪، و ٤٠٪ من محصول الحبوب في الأصناف العديمة السفوف والأصناف ذات السفوف، على التوالي.

ونظراً لصعوبة تقدير مساحة الأجزاء النباتية غير الأوراق؛ لذا.. فقد اتفق على اعتبار مجموع المسطح الورقي لأنصال الأوراق (المسطح العلوي فقط) دليلاً على المساحة النباتية التي تقوم بعملية البناء الضوئي.

دليل مساحة الورقة

إن دليل مساحة الورقة LAI هو - كما أسلفنا - مساحة المسطح الورقي بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التي يشغلها النبات، فإذا كانت قيمة دليل مساحة الورقة ٤٠ - مثلاً - كان ذلك دليلاً على أن إجمالي مساحة المسطح الورقي للنبات يبلغ أربعة أمثال مساحة الأرض التي يشغلها النبات.. وتعد هذه القيمة أفضل من قيمة المساحة الورقية الكلية عند مقارنة النباتات؛ لأن القيمة الأخيرة يمكن أن تتأثر بمسافة الزراعة.

ويكون لدليل مساحة الورقة معنى وقيمة أكبر عند ربطه بمرحلة معينة من النمو النباتي ففي النباتات المحدودة النمو.. يقدر دليل مساحة الورقة في بداية مرحلة النمو الإنتاجي

(بداية الإزهار والعقد). أما في النباتات غير المحدودة النمو.. فقد يستعمل فيها الحد الأقصى لدليل مساحة الورقة، أو قد تجرى المقارنة بين الأصناف في أى وقت طالما أخذت قياسات دليل مساحة الورقة فيها في يوم واحد.

ويعتقد أن لكل محصول قيمة مثلى لدليل مساحة الورقة، تتراوح - غالباً - بين ٢,٥ و ٥,٥ في مختلف المحاصيل. والقيمة المثلى هي تلك التي يحدث عندها أقصى تراكم للمادة الجافة. ويقل تراكم المادة الجافة بانحراف قيمة دليل مساحة الورقة - عن القيمة المثلى - بالزيادة، أو بالنقصان. ففي الحالات التي يقل فيها دليل مساحة الورقة عن القيمة المثلى يقل إنتاج المادة الجافة؛ لأنه لا يتم استقبال كل الضوء الساقط على النبات؛ وبذا لا يكون البناء الضوئي في أعلى معدلاته الممكنة. وعندما يزيد دليل مساحة الورقة على القيمة المثلى تصبح الأوراق السفلى مظلمة؛ ويتبع ذلك نقص الكفاءة التمثيلية.

وتزداد الفائدة التي تعود من الاعتماد على دليل مساحة الورقة - عند إجراء مقارنة بين الأصناف - بمراعاة ما يلي :

١ - ربط دليل مساحة الورقة بمرحلة معينة من النمو النباتي في المحاصيل التي تحصد مرة واحدة كالحبوب الصغيرة. وفي نباتات المراعى نجد أن الوقت المثالي لإجراء عملية الحش يتوافق مع وقت الوصول إلى دليل مساحة الورقة المثالي.

٢ - يتوقع أعلى إنتاجية للمادة الجافة عندما تتوافق القيمة المثلى لدليل مساحة الورقة مع أفضل الظروف البيئية لعملية البناء الضوئي.

٣ - قد يشير دليل مساحة الورقة إلى المرحلة التي تكون فيها الكفاءة التمثيلية في أقصى معدلاتها.

٤ - لابد من ربط دليل مساحة الورقة بفترة بقاء الأوراق على كفاءتها العالية في عملية البناء الضوئي (LAD).

ومن أمثله القيم المثلى لدليل مساحة الورقة التي تم التوصيل إليها: ٢,٥ - ٥,٠ في محاصيل الحبوب الصغيرة، و ٥,٠ في محاصيل العلف التي تزرع نثراً، و ٦,٢ - ٨,٩ في محاصيل المراعى (عن Stoskopf ١٩٨١).

الأساس الفسيولوجى للمحصول

مقدمة

إن الإنتاج المحصولى - لاي نبات - يعتمد على أربعة عوامل أساسية؛ هي:

١ - معدل البناء الضوئى Photosynthesis .

٢ - معدل التنفس Respiration .

٣ - معدل انتقال الغذاء المجهز من أماكن تصنيعه فى الأوراق إلى حيث يستفيد منه

النبات فى نموه، أو إلى حيث يخزن فى أعضاء التصنيع (Translocation).

٤ - نسبة الغذاء المجهز التى تنتقل إلى الأجزاء الاقتصادية من النبات - وهى الأجزاء

التي يزرع من أجلها المحصول - من الغذاء المُصنَّع الكلى الذى يحتفظ به النبات بعد استقطاع الجزء المفقود منه بالتنفس.

ويتفرع من هذه العوامل الأربعة أمور أخرى كثيرة تتفاعل معها؛ حيث تؤثر فيها وتتأثر بها. وسوف نحاول من مُحصلة ذلك كله - دون الدخول فى تفاصيل التحولات لعمليتى البناء الضوئى والتنفس - الخروج بمفهوم واضح عن الأساس الفسيولوجى للمحصول فى النباتات.

إن من بين أهم الصفات المؤثرة فى الاختلافات بين الأصناف من حيث كفاءتها الإنتاجية

ما يلى (عن Wallace وآخرين ١٩٧٢) :

١ - حجم المجموع الجذرى ومدى تشعبه؛ حيث توجد علاقة موجبة بين النمو الجذرى والكفاءة الإنتاجية.

٢ - معدل البناء الضوئى فى وحدة المساحة من الأوراق.

٣ - طريقة حمل الأوراق؛ فالأوراق القائمة تسمح بوصول الضوء إلى الأوراق السفلى بدرجة أكثر من الأوراق الأفقية؛ ومن ثم تزيد القدرة على البناء الضوئى فى الحالة الأولى.

٤ - مدة بقاء الأوراق على درجة عالية من الكفاءة فى عملية البناء الضوئى.

٥ - معدل انتقال المواد الغذائية المجهزة - خلال عملية البناء الضوئى - إلى الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول.

٦ - مساحة الأوراق فى وحدة المساحة من أرض الحقل.

٧ - المساحة الكلية لأوراق النبات، والمساحة الورقية المعرضة للضوء.

٨ - سمك الورقة؛ حيث يزيد البناء الضوئى كلما ازداد سمك الورقة.

٩ - معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون.

١٠ - حجم الثغور، وأعدادها، ومدى مقاومتها لتبادل الغازات من خلالها، ومدة بقائها مفتوحة.

١١ - مدى مقاومة النسيج الوسطى للورقة (الميزوفيل) لتبادل الغازات.

١٢ - مدى توفر الإنزيمات اللازمة لعملية البناء الضوئى.

١٣ - معدل التنفس.

١٤ - الاختلافات الوراثية فى الاستجابة للفترة الضوئية، والحرارة، والارتباج - Vernalization، والتسميد... إلخ.

وباختصار.. فإن المحصول الاقتصادى يعد محصلة لثلاثة أمور (عن Scully & Wallace ١٩٩٠)؛ هى :

- ١ - مدى تأقلم أو توافق النبات على العوامل البيئية السائدة.
- ٢ - قدرة النبات على «حصاد» الضوء من خلال عملية البناء الضوئي.
- ٣ - قدرة النبات على تخصيص ونقل جزء كبير من الغذاء المجهز في عملية البناء الضوئي إلى الأعضاء الاقتصادية التي يزرع من أجلها النبات.

ولقد لخص Wallace وآخرون (١٩٧٢) الدراسات التي أجريت على الأساس الفسيولوجي للاختلافات الوراثية في كمية المحصول، مع التركيز على الفاصوليا؛ لكثرة الدراسات التي أجريت عليها في هذا المجال. ويخلص الباحثون إلى أنه يمكن الاستعانة بالدراسات - التي أجريت على المكونات الفسيولوجية للمحصول - في اختيار الآباء التي تستعمل في برامج التربية؛ حيث قد يكون السبب في ارتفاع المحصول زيادة المساحة الورقية في أحد الأصناف، والتوزيع الجيد للضوء الساقط على المجموع الخضري في صنف ثانٍ، ودليل الحصاد harvest index المرتفع في صنف ثالث... وهكذا؛ الأمر الذي يعنى إمكان تجميع تلك الصفات - معاً - في صنف واحد بالتربية.

هذا.. إلا أن كثرة المكونات الفسيولوجية للمحصول، وتداخلها، وتفاعلها مع بعضها البعض، ومع العوامل البيئية تؤدي - في نهاية الأمر - إلى جعل درجة توريث تلك المكونات منخفضة جداً؛ الأمر الذي يعد تحدياً للمربي.

البناء الضوئي

إن معدل البناء الضوئي ليس صفة بسيطة يمكن أن تؤخذ نتائج قياساتها كدليل مباشر على وجود اختلافات وراثية بين النباتات فيها. فمع فرض توفر العناصر الغذائية، وغاز ثاني أكسيد الكربون، ودرجة الحرارة المناسبة لاستمرار عملية البناء الضوئي لثلاث عوائق.. فإن معدل تلك العملية يتأثر بعدد من العوامل الأخرى؛ منها ما يلي :

١ - مساحة الورقة.

٢ - زوايا الورقة.

٣ - الضوء المنعكس من الأوراق.

٤ - الضوء النافذ خلال الأوراق.

٥ - العلاقة الفسيولوجية بين شدة الإضاءة ومعدل البناء الضوئي، وهو ما يُعرف باسم منحنى الاستجابة للضوء Light Response Curve .

٦ - مستوى الشمس فوق خط الأفق.

٧ - شدة الإضاءة الشمسية (عن Stoskopf ١٩٨١).

إن الانتخاب المباشر لزيادة المحصول الاقتصادي في محاصيل البقوليات التي تزرع لأجل بنورها - مثل الفاصوليا - لم يحقق نتائج على مستوى التوقعات. كما أن محاولات تحسين المحصول - من خلال الانتخاب غير المباشر لصفات فسيولوجية، أو بيوكيميائية ترتبط بعملية البناء الضوئي - كان كذلك مخيباً لآمال الكثيرين من مربى النباتات. ولا يعنى ذلك أن البناء الضوئي والمحصول الاقتصادي صفتان غير مرتبطتين؛ فذلك أمر غير منطقي، ولكن ما تعنيه نتائج تلك المحاولات أنها لم تجر في الاتجاه الصحيح؛ حيث لم تكن القياسات التي استخدمت كأساس لعملية الانتخاب دلائل مناسبة للمحصول. فعلى سبيل المثال.. أوضح بعض الباحثين أن القياسات اللحظية لمعدل البناء الضوئي لا يمكن أن تعد دليلاً على المحصول، أو على صافي عملية تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون خلال كل موسم النمو.

وإذا ما أجرى انتخاب غير مباشر للمحصول اعتماداً على صفة أخرى.. فإن درجة توريث تلك الصفة يجب أن تكون أعلى من درجة توريث صفة المحصول، وأن يكون ارتباطهما معاً عالياً. وقد وجد في الفاصوليا أن هذه الفروض النظرية لم يمكن تحقيقها أو العمل بها، برغم وجود اختلافات وراثية عالية في معدل البناء الضوئي بين أصناف الفاصوليا وسلالاتها (عن Scully & Wallace ١٩٩٠).

كذلك فإن معدل البناء الضوئي المقدر في ورقة واحدة من النمو الخضري للنبات لا يقوم دليلاً على معدل البناء الضوئي في كل النمو الخضري؛ نظراً لاختلاف الأوراق كثيراً في تلك الخاصية.

وربما لا يرتبط المحصول الاقتصادي بمعدل البناء الضوئي؛ بسبب اختلاف المساحة الورقية بين مختلف الأصناف. ففي البطاطا.. كان معدل البناء الضوئي للورقة الواحدة في الصنف سنتينيال Centennial أقل مما في ٢٠ صنفاً آخر - باستثناء صنف واحد - وبالرغم من ذلك احتل الصنف سنتينيال المركز الثالث - بين هذه الأصناف - في محصول الجذور. كما تبين أن مساحة الورقة الواحدة في هذا الصنف كانت أكبر مما في جميع الأصناف الأخرى.

ويقودنا ذلك إلى استعراض العلاقة بين معدل البناء الضوئي للورقة الواحدة، ومعدل انتقال الغذاء المجهز منها؛ لما لذلك من تأثير بالغ في المحصول.. وقد تبين وجود ارتباط إيجابي بين الصفتين في الفول السوداني وعديد من النباتات من ذوات المسارات البنائية C_3 و C_4 على حد سواء (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

وتتوفر اختلافات واضحة في معدل البناء الضوئي بين مختلف الأنواع النباتية، ولكن الجانب الأكبر من تلك الاختلافات يعتمد على ما إذا كانت التحولات الكيميائية الحيوية - خلال عملية البناء الضوئي - تأخذ المسار C_3 ، أم المسار C_4 ؛ إذ توجد اختلافات وراثية في معدل البناء الضوئي/وحدة المساحة الورقية بين طرازي النباتات (تراجع طبيعة الاختلافات الحيوية بين طرازي النباتات تحت عنوان «التنفس الضوئي» في هذا الفصل).

وبرغم أنه يمكن تقدير معدل البناء الضوئي بدقة عالية.. إلا أن الطرق المستخدمة في هذا الشأن لا تناسب مربي النبات الذي يتعين عليه - في كثير من الأحيان - تقييم مئات أو آلاف النباتات أو السلالات خلال فترة وجيزة من الزمن.

وقد أمكن - في هذا الشأن - التوصل إلى طريقة تفيد - على الأقل - في اكتشاف الطفرات الأقل كفاءة في عملية البناء الضوئي (Photosynthetic Mutants). ويتم ذلك بتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية في الظلام؛ حيث تُظهر النباتات التي تحتوي على كلوروفيل غير طبيعي استشعاعاً أحمر اللون؛ وبذا يمكن التخلص منها. وتبدو تلك النباتات خضراء طبيعية اللون تحت ظروف الحقل، ولكنها لا تقوم بعملية البناء الضوئي بصورة

طبيعية لعدة أيام أو أسابيع في مبدأ حياتها؛ الأمر الذي يجعلها ضعيفة النمو آنذاك، برغم أن نباتاتها الكاملة قد تبدو طبيعية (عن Walbot ١٩٧٧).

التنفس

يعد التنفس أهم العمليات الحيوية التي تستنفذ طاقة النبات؛ حيث يؤدي إلى استهلاك الغذاء - المجهز في عملية البناء الضوئي - بدلاً من الاستفادة منه في مزيد من النمو الخضري الذي تزرع لأجله بعض النباتات كالخضر الورقية ومحاصيل المراعى، أو بالتخزين في الأعضاء النباتية التي يزرع من أجلها المحصول، مثل: الجذر، والدرنات، والثمار، والبنور... إلخ.

وبذا.. فإن خفض معدلات التنفس يعد أمراً حيوياً لزيادة المحصول. ويمكن تحقيق ذلك - وراثياً - بإحدى وسيلتين هما :

١ - تقليل الفاقد في الكربون الناتج من التنفس الضوئي Photorespiration - في النباتات ذات مسار البناء الضوئي C_3 - بالانتخاب.

٢ - زيادة كفاءة استفادة النبات من الطاقة بخفض نسبة الطاقة المستنفذة أثناء التنفس الظلامى Dark Respiration في غير عمليات النمو.

التنفس الضوئي

يعرف - كما أسلفنا - طرازان من النباتات: C_3 و C_4 يختلفان في المسارات البنائية التي يتم من خلالها تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي. وتعرف فئة النباتات التي تكون بأول المركبات الكربونية - التي تكوّنها في عملية البناء الضوئي - ثلاث ذرات كربون باسم C_3 . ومن أمثلتها فول الصويا، والحبوب، ومعظم محاصيل المراعى. وتكون الكفاءة التمثيلية منخفضة في غالبية هذه النباتات (C_3)؛ بسبب ارتفاع معدل التنفس الضوئي فيها؛ الأمر الذي يستهلك حتى ٥٠٪ من الغذاء المجهز - من خلال عملية البناء الضوئي - في المحاصيل ذات الكفاءة التمثيلية المنخفضة؛ مثل الفاصوليا، وفول الصويا، والقمح الربيعى.

أما النباتات التي تكون بأول المركبات الكربونية - التي تكونها في عملية البناء الضوئي - أربع ذرات كربون.. فإنها تعرف باسم C_4 ، وهي تتضمن عدداً من محاصيل الجو الدافئ؛ مثل: الذرة، والсорج، وبعض النجيليات الاستوائية. وتتميز تلك النباتات بارتفاع كفاءتها التمثيلية بسبب شدة انخفاض معدل التنفس الضوئي فيها، إلى درجة يصعب معها اكتشافه وتقديره.

وبرغم اختلاف فئتي النباتات - الـ C_3 ، و الـ C_4 - بشدة في كفاءتهما التمثيلية، فإن الفرق بينهما يتحكم فيه إنزيم واحد هو الـ ribulose diphosphate carboxylase. ويعتقد البعض أن إدخال النظام الإنزيمي المرغوب فيه في فئة النباتات الـ C_3 يؤدي إلى التخلص من الفاقد بالتنفس الضوئي إلى درجة قد يزيد معها المحصول الاقتصادي بنسبة ٥٠٪ في محاصيل كالقمح وفول الصويا (Stoskopf ١٩٨١).

وتقدر الزيادة في كفاءة عملية البناء الضوئي في فئة النباتات ذات المسار C_4 بحوالي ٤٠٪. وبرغم ذلك.. فإن التربية لخفض الفاقد من التنفس الضوئي في النباتات ذات المسار C_3 - بهدف زيادة إنتاجها المحصولي - لم تحقق نتائج ملموسة. فلقد وجدت اختلافات وراثية في معدل التنفس الضوئي داخل الأنواع النباتية ذات المسار C_3 ، ولكن لم يظهر لتلك الاختلافات تأثير ثابت في محصلة البناء الضوئي؛ حيث لم تظهر أية علاقة مؤكدة بين المتغيرين (عن Frey ١٩٨١).

التنفس الظلامي

إن للتنفس الظلامي دورين، أحدهما بنائي حيوي (أيض) biosynthetic، والآخر يتعلق بعمليات «الصيانة Maintenance» العامة للنبات؛ ولذا.. فإن النباتات ربما تختلف في تلك الصفة. ونجد في المراحل المبكرة للنمو النباتي أن قدرأ كبيراً من الطاقة يستنفذ في عمليتي انقسام الخلايا وزيادتها في الحجم، بينما يحتاج النبات بعد ذلك إلى قدر ضئيل من الطاقة لمجرد عمليات الإدامة والصيانة.

فمثلاً.. نجد في القطن أن ٣٠ - ٤٠٪ من ناتج عملية البناء الضوئي تستنفذ في التنفس. وفي انجلترا.. وجد أن الطاقة اللازمة لعمليات الإدامة والصيانة في الشعير تبلغ ٧٪ فقط من ناتج عملية البناء الضوئي في شهر مايو (في بداية حياة النبات)، وتزيد إلى نحو ٦٥٪ في مرحلة امتلاء الحبوب. وقد أمكن انتخاب طرز من الشيلم بطيئة، وطرز أخرى سريعة في معدل التنفس الظلامي في الأوراق البالغة، وبلغت الزيادة في المحصول التي تحققت في الطرز البطيئة في معدل التنفس الظلامي حوالي ٧٪.

وبناء على ما تقدم بيانه، فقد توصل الباحثون إلى أن فرصة تحسين المحصول تبدو ضعيفة عند التربية لخفض معدل التنفس الضوئي، بينما تبدو مشجعة وممكنة عند التربية بهدف خفض معدل التنفس الظلامي (عن Frey ١٩٨١).

تشكيل النباتات

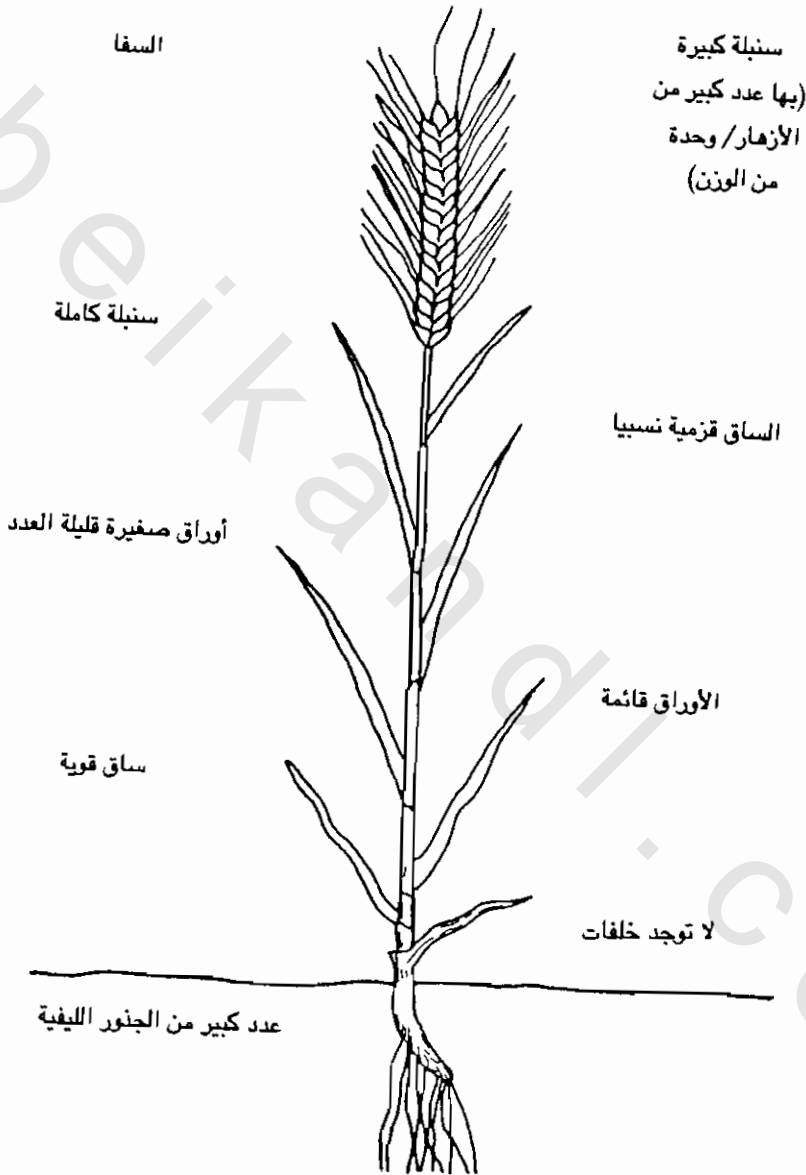
مفهوم النبات المثالى

حاول بعض مربى النبات عمل قائمة بالصفات الفسيولوجية والمورفولوجية التى تشكل - فى مجموعها - النبات المثالى (Ideotype) الذى ينبغى أن يكون هدفاً للمربى فى برامج التربية، ومن أمثله ذلك الـ ideotype الذى تم تخيله لنبات القمح (شكل ٣ - ١). ولكن.. نظراً لاختلاف المحاصيل الزراعية كثيراً فى صفاتها الفسيولوجية والمورفولوجية، ولأن هذه الاختلافات تمثل - فى جوهرها - وسائل تأقلم تلك المحاصيل على الظروف البيئية السائدة فى شتى المناطق التى تتواجد فيها؛ لذا.. يمكن القول بأنه لا يوجد شىء اسمه نبات مثالى (ideotype) فى تربية النباتات، وإنما توجد عدة طرز أو نماذج بيولوجية Biological Types.

هذا.. ويعطى Kalloo (١٩٨٨) قائمة بالجينات التى تتحكم فى صفات النمو الهامة فى عدد من محاصيل الخضر، والتى يمكن الاستعانة بها فى تصور الطرز البيولوجية - المناسبة لكل منها - فى شتى الظروف البيئية.

أهمية طبيعة نمو الغطاء النباتى

إن الغطاء هو الذى يؤثر - فى نهاية المطاف - فى كمية الغذاء التى يتم تصنيعها لكل وحدة من مساحة الأرض التى يشغلها النبات. ونجد أن الصفات المورفولوجية التى تتحكم



شكل (١ - ٣) : تصميم لنبات مثالي (An Ideotype) من القمح (عن Frey ١٩٨١).

فى بناء أو طبيعة نمو هذا الغطاء النباتى الأخضر هى - فى غالبيتها - صفات يسهل تقديرها، وتتميز بدرجات توريث عالية.

وترجع أهمية النمو النباتى إلى تأثيرها البالغ فى مقدار الطاقة الشمسية التى يمكن للنبات اكتسابها من خلال عملية البناء الضوئى؛ فالأوراق القائمة Erect تسمح بنفاذ قدر أكبر من الأشعة الشمسية إلى الأوراق السفلى؛ وبذا.. فإن فائدتها تكون كبيرة فى المناطق التى تتميز بارتفاع شدة الإضاءة.

وتعد صفة الأوراق القائمة من الصفات التى تظهر بوضوح فى طور البادرة، بحيث يمكن انتخاب النباتات الحاملة لها فى طور مبكر من النمو.

وفى المقابل.. فإن صفة الأوراق القائمة ربما لا تكون لها فائدة كبيرة فى محاصيل الحبوب التى يعتمد فيها امتلاء الحبوب على الأوراق العليا للنبات؛ مثل القمح والشعير اللذين يعتمد فيهما امتلاء الحبوب على الورقة العليا (flag leaf) والسفا؛ حيث يتم فيهما قدر كبير من عملية البناء الضوئى التى يخزن ناتجها - مباشرة - فى الحبوب، إلا أن السفا الثقيف قد يؤدى - أحياناً - إلى تظليل الأوراق.

ويعتقد البعض أن صفة الأوراق القائمة لا تظهر أهميتها إلا عندما يكون دليل مساحة الورقة (LAI) حوالى ٤,٠ - ٥,٠، وتزداد أهمية ذلك كلما ازداد النبات طولاً (عن Frey ١٩٨١).

وبالمقارنة بالقمح والشعير.. فإن معدل البناء الضوئى منخفض فى نورة الأرز، التى تفضل ألا تكون فى موقع يؤدى إلى تظليل الأوراق. وتعد الأوراق التى توجد أسفل ورقة العلم flag leaf فى الأرز أكثر أهمية منها فى القمح والشعير. ولذا.. نجد أن لوضع الورقة والزاوية التى تصنعها مع الساق أهمية كبيرة فى نبات الأرز؛ لتحسين وصول الضوء إلى الأوراق السفلى. وتأكيداً لذلك.. تتميز أصناف الأرز الحديثة العالية المحصول بالأوراق القصيرة القائمة، والخلفات القائمة.

كذلك نجد أن نورات الذرة ليست عالية الكفاءة فى البناء الضوئى، ولذا.. تفضل أن تكون أوراقه قائمة وتعلو عن مستوى الكيزان.

وقد حققت أصناف القمح والأرز ذات السيقان القصيرة نجاحاً كبيراً لأسباب أخرى غير المحصول الجيد؛ فهي أكثر مقاومة للرقاد، وتستجيب للتسميد الأزونى بكفاءة عالية دون أن يتداعى نموها النباتى؛ ولذا.. ازداد الاهتمام بانتخاب نباتات الحبوب الصغيرة (مثل القمح، والشعير، والсорج، والشوفان) القصيرة. وتفضل فى هذا الشأن النباتات القزمية الطويلة tall dwarfs عن النباتات القزمية القصيرة short dwarfs (عن Wilson ١٩٨١)؛ نظراً لارتباط المحصول إيجابياً بطول النبات فى تلك الحدود؛ أى بحيث لا تؤدى زيادة الطول إلى رقاد النباتات (عن Coyne ١٩٨٠). كما أن النباتات القزمية القصيرة تكون قزمية فى نمواتها الخضرية والثرية على حد سواء، بينما تكون النباتات القزمية الطويلة قزمية فى نمواتها الخضرية، وطبيعية فى نمواتها الثرية.

كذلك تتوفر اختلافات كبيرة بين كل من الطرز ذات الأوراق القائمة والطرز ذات الأوراق المتدلّية flappy - فى كل من القمح والشوفان - من حيث قدرتها على منافسة الحشائش، ولذلك الأمر تأثيره فى المحصول؛ مما يتعين أخذه فى الحسبان عند تقييم تلك الطرز. فمثلاً.. وجد فى أحد المواقع البحثية - التى كوفحت فيها الحشائش باستعمال المبيدات - (وكان ذلك فى أونتاريو بكندا) أن أحد أصناف القمح ذات الأوراق القائمة والساق القصيرة كان أعلى الأصناف محصولاً، بينما كان نفس هذا الصنف فى موقع آخر - لم تستخدم فيه مبيدات الحشائش - أقل الأصناف المقيمة محصولاً.

وقد تبين أن نمو الحشائش بين خطوط الزراعة فى حالة الأصناف القصيرة ذات الأوراق القائمة كان أكثر مما فى حالة الأصناف ذات الأوراق المتدلّية؛ التى سرعان ما كونت غطاء نباتياً كثيفاً ساعد على تثبيط نمو الحشائش. ولو لم يؤخذ هذا العامل فى الحسبان لاختلّت التوصيات تماماً بشأن هذه الأصناف.

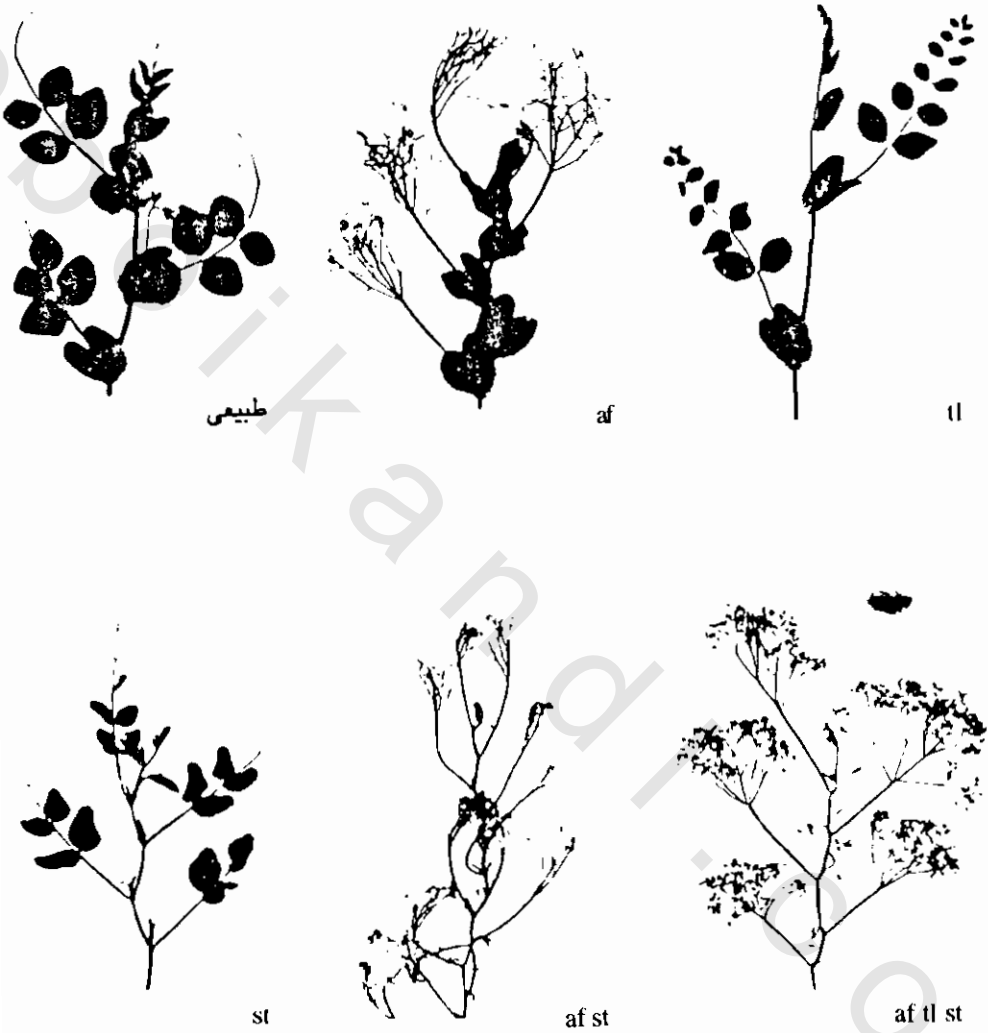
هذا.. وتتوفر الاختلافات الطبيعية فى النمو النباتى بدرجة كبيرة تسمح للمربى بانتخاب ما يراه مناسباً منها. وعلى سبيل المثال.. كان مدى الاختلافات المشاهدة فى بعض الصفات المورفولوجية كما يلى (عن Stosopf ١٩٨١):

الصفة	المدى المشاهد
ارتفاع النبات (سم)	من ٦٠ - ٧٠ إلى ٦٥٠ - ٧٠٠
عدد الأوراق على الساق الرئيسية	٤٨ - ٨
طول الورقة (سم)	١٥٢ - ٣
عرض الورقة (سم)	١٥ - ٤
عدد الخلفات	١٢ - ١

وفى البسلة.. يتوقف المحصول - إلى حد كبير - على طبيعة النمو الخضري للنبات؛ الأمر الذى دفع مربى النبات إلى محاولة التحكم فى شكل وطبيعة نمو نبات البسلة بالتربية.

تتوفر فى البسلة ثلاث طفرات متتحية فى شكل وطبيعة نمو البسلة؛ وهى: af التى تؤدى إلى تحول الوريقات إلى محاليق، و tl التى تحول المحاليق إلى وريقات، و st التى تجعل الأذينات صغيرة.

وقد قام Wehner & Gritton (١٩٨١) بمقارنة ثمانى سلالات ذات أصول وراثية متشابهة تقريباً near isogenic lines، وتختلف فى واحد أو أكثر من الجينات الثلاثة السابقة.. أى إن هذه السلالات كانت كما يلى: طبيعية تماماً وطفرية فى af فقط، وطفرية فى st فقط، وطفرية فى af و tl، وطفرية فى af و st (بدون أوراق كلية)، وطفرية فى tl و st وطفرية فى af و tl و st (شكل ٣ - ٢). وقد قارن الباحثان هذه السلالات فى موقعين مختلفين لمدة عامين، وكانت نتائجهما كما يلى :



شكل (٣-٢) : أشكال طفرات النمو الخضر af و tl و st في البسلة.

١ - انخفض محصول السلالتين af af tl tl st st و af af tl tl st st عن محصول السلالة الطبيعية، بينما تساوى محصول بقية السلالات الطفرية مع محصول السلالة العادية.

٢ - ظهر ارتباط جوهري بين المحصول والمساحة الورقية.

٣ - كانت السلالتان af af tl tl st st و af af tl tl st st أكثر مقاومة للرقاد من السلالة الطبيعية تماماً.

٤ - كان نمو بادرات السلالة af af tl tl st st بطيئاً نسبياً.

٥ - تميزت السلالة af af tl tl st st (وفيها تتحول الوريقات إلى محاليق، بينما تبقى المحاليق والأذينات على حالها) بتساوى محصولها مع النباتات الطبيعية، بينما اختلفت عنها - كثيراً - مورفولوجياً. ومن أهم المزايا التي يحقها هذا الجين (af) ما يلي:

أ - تسهيل عملية الحصاد.

ب - تسهيل جفاف المحصول في حقول إنتاج البنور الجافة.

ج - تقليل انتشار الإصابات المرضية خاصة في المناطق الرطبة.

د - تقليل رقاد النباتات.

هذا.. علماً بأن استخدام هذا التركيب الوراثي في الزراعة لا تلزم معه زيادة كثافة الزراعة، وذلك خلاف التركيب الوراثي af af tl tl st st (الذي يكون خالياً تماماً من الأوراق)، الذي يتطلب زيادة كثافة الزراعة لزيادة المحصول في وحدة المساحة (Hedley & Ambrose ١٩٨٨).

وفي دراسة على معدلات النمو في هذه السلالات.. قارن Pyke & Hedley (١٩٨٣) ثلاث سلالات؛ هي: العادية Af Af tl tl st st، ونصف الورقية af af tl tl st st، والخالية من الأوراق af af tl tl st st، وتبين لهما أن معدل النمو النسبي Relative Growth Rate كان واحداً في كل من الطرازين الطبيعي ونصف الورقي، ولكنه كان منخفضاً في الطراز الخالي من الأوراق.

علاقة النمو النباتي (الجزرى والخضرى) بمقاومة الرقاد

تعد مقاومة الرقاد من أهم الصفات المؤثرة فى المحصول، خاصة فى الحبوب؛ لأن الرقاد يترتب عليه عدم امتلاء الحبوب بصورة جيدة، وعدم التمكن من حصاد النباتات آلياً، وزيادة احتمالات إصابة النباتات بالأمراض؛ حيث تكون مكسدة فوق بعضها، وقريبة من سطح التربة.

ومن أهم الصفات التى يتعين توفرها لجعل النباتات أكثر مقاومة للرقاد: قصر الساق، وصلابتها، ومرونتها، وتوفير مجموع جذرى كثيف يثبت النبات فى التربة بصورة جيدة، ومقاومة الأمراض والآفات التى تضعف الساق والجذور (عن إلياس ومحمد ١٩٨٥).

وقد وجد Stoffella & Kahn (١٩٨٦) علاقة طردية بين حجم النمو الجذرى والقوة اللازمة لانتزاع النباتات من التربة، وكذلك بين تلك القوة ومقاومة النباتات للرقاد فى عدد من محاصيل الخضر؛ مثل: الذرة السكرية، والفلفل، والفاصوليا.

وترتبط مقاومة الرقاد فى الذرة السكرية بوجود سلاميات قاعدية قصيرة، مع عدد كبير من الجذور الدعامية (prop roots).

النباتات القزمية

كان جريجور مندل أول من كتب عن النباتات القزمية dwarfs، وكان ذلك على البسلة فى عام ١٨٦٦. ومنذ ذلك الحين.. اكتشفت النباتات القزمية وراثياً فيما لا يقل عن ١٧ عائلة من مظافة البنور. ومن بين أهم النباتات الزراعية - غير البسلة - التى تعرف فيها طفرات قزمية: القمح، والأرز، والشعير، والسورجم، والطماطم، والخيار، والكوسة، والبطيخ.

وقد أصبحت لنباتات القمح والأرز القزمية أهمية كبيرة فى الزراعة منذ أواخر الستينيات، وهى تعرف باسم «شبه القزمية "semi - dwarfs"؛ تمييزاً لها عن النباتات القزمية فى كل من النموات الخضرية والثمارية؛ نظراً لأن النموات الثمرية لهذه النباتات شبه القزمية لا تكون أقل حجماً مما فى النباتات الطبيعية.

وترجع صفة التقزم فى الأصناف التجارية الهامة من القمح والأرز - وغيرهما من النباتات الزراعية الهامة - إلى قصر سلاميات الساق؛ بسبب احتوائها على عدد أقل من الخلايا/ سلامية.

وتتميز النباتات القزمية - مقارنة بقريئاتها من النباتات العادية - بما يلى :

١ - تُعد أكثر صلاحية للحصاد الآلى.

٢ - تصل إلى أعضائها التكاثرية (البنور أو الثمار) نسبة أعلى من العناصر الغذائية الممتصة من التربة.

٣ - يزداد فيها دليل الحصاد.

٤ - تكون أكثر محصولاً بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض تحت الكثافة الزراعية العالية والتسميد الجيد (عن Hansche & Beres ١٩٨٠).

وفى الفاكهة.. كان أول اكتشاف للطفرات القزمية فى الخوخ عام ١٨٥٧، وهى تعرف حالياً فى عدد كبير من أنواع الفاكهة والنقل، ومن السهل اكتشافها. وبطبيعة الحال.. فإن ما يهم المربى من هذه الطفرات تلك التى تُحدث تقزماً بالنمو الخضرى دون أن يكون لها تأثير فى النمو الثمرى.

فمثلاً.. ظهرت طفرتان قزميتان مستقلتان فى التفاح كانت إحداها فى الصنف McIntosh Wijcik، والأخرى فى الصنف McIntosh Bending، وكان النمو الخضرى فى الطفرة الأولى قوياً، مع قلة عدد الفروع الجانبية، وكثرة الدواير الثمرية، وكبر الأوراق. وتبين أن هذه الطفرة يتحكم فيها عامل وراثى واحد سائد، مع بعض العوامل المحورة التى يؤدى وجودها إلى نقص قليل فى عدد النباتات القزمية المنعزلة. كما أوضحت الدراسات الوراثية أن الطفرتين متماثلتان تماماً، وقد زرعت نباتات التفاح القزمية هذه على مسافة ١,٨م من بعضها فى الخط (Lapins ١٩٧٦).

وتعطى أشجار الفاكهة القزمية محصولاً عالياً من وحدة المساحة عندما تكون زراعتها كثيفة؛ لأن هذه النباتات تكون قصيرة ومندمجة النمو للغاية. فطفرة الخوخ - مثلاً - ذات سلاميات قصيرة جداً، ولا يزيد طول الشجرة عند اكتمال نموها على ١,٨ م. وهذه الطفرة تعد أطول بنحو ٦٠ - ٩٠ سم مقارنة بطفرات أخرى معروفة في الخوخ؛ ولذا... فإنها أقرب إلى النباتات شبه القزمية - التي سبق ذكرها - في القمح والأرز، كما أنها تؤثر في النمو الخضري دون أن يكون لها أية تأثيرات في الأعضاء التكاثرية.

ويمكن لأشجار الخوخ الحاملة لهذا الجين أن تثمر قبل الأشجار العادية بنحو سنتين، ولا تتطلب أى تقليم خلال السنوات السابقة للحمل، بعكس الأشجار العادية، وتعطى محصولاً عالياً الجودة يصل - وهى فى عمر ٤ سنوات - إلى ٧٣ طناً/ هكتار عند زراعتها بكثافة ٢٠٠٠ شجرة/ هكتار (وهو محصول يبلغ ثلاثة أمثال محصول الأشجار العادية التى من نفس العمر، ونحو ضعف محصول الأشجار العادية التى فى عمر ٧ سنوات)، كما لا يحتاج الأمر إلى سلالم لإجراء العمليات الزراعية.

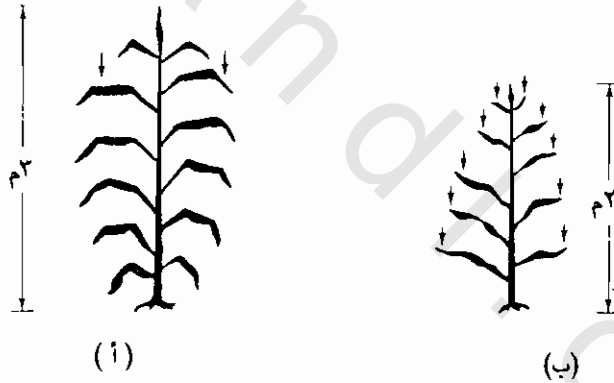
ومن المزايا الأخرى التى تحققها أشجار الفاكهة القزمية - بالنسبة للمربي - سرعة إنجاز برنامج التربية؛ بسبب قصر فترة الحداثة Juvenile period، وقلة تكلفته الإجمالية لاحتياجه إلى مساحة أقل وفترة زمنية أقصر لتنفيذه (Hansche & Beres ١٩٨٠).

تشكيل النباتات (معمارها، أو هندستها)

بعد أن قدمنا لمفهوم النبات المثالى وتأثير طبيعة النمو النباتى فى المحصول ننتقل الآن إلى استعراض ما يفكر فيه مربي النباتات بشأن تشكيل النبات أو معماره أو هندسته - وهو ما يعرف فى الإنجليزية باسم Plant Architecture - بهدف زيادة المحصول، سواء أتحقق ذلك من خلال زيادة محصول النبات الواحد، أم زيادة المحصول من وحدة المساحة من الأرض. ومن أمثلة هذه الطرز التشكيلية - أو المعمارية - تلك المبينة فى أشكال (٣ - ٢، ٣، و ٤ - ٥).

ففى شكل (٣ - ٢) يظهر طرازان من النمو النباتى: (أ)، و (ب). يتميز الطراز (أ)

بالنمو القوى، والأوراق العريضة المتدللة المنتشرة جانبياً. ومثل هذه النباتات تنافس الحشائش بصورة جيدة، علماً بأن ذلك ليس له أهمية في الدول التي تُستخدم فيها مبيدات الحشائش بشكل روتيني. أما الطراز (ب).. فإنه يتميز بنمو خضري صغير نسبياً، وأوراق قائمه تسمح بتخلل قدر أكبر من الضوء إلى الأوراق السفلى، التي تكون - بالتالي - نشطة في عملية البناء الضوئي؛ الأمر الذي قد يؤدي إلى زيادة الكفاءة التمثيلية للنبات ككل. ونظراً لقلة عدد الأوراق في الطراز (ب) مقارنة بالطراز (أ).. فإنه - أي الطراز (ب) - قد ينمو خضرياً لفترة أقل، وقد يعطى محصولاً أعلى؛ بسبب زيادة استقبال أوراقه للضوء، ولأنه يزرع منه عدد أكبر من النباتات في وحدة المساحة من الأرض، بالإضافة إلى تميزه بفترة ممتدة لامتلاء الحبوب (أو الثمار عموماً).

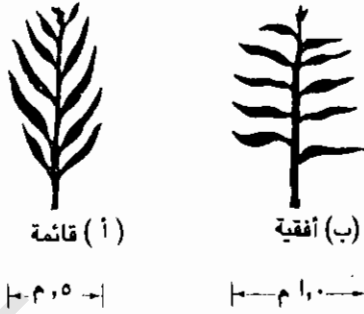


شكل (٣ - ٢) : طرازان للنمو النباتي: أحدهما قوى نو أوراق عريضة متدللة (أ)، والآخر صغير نو أوراق قليلة، ويشبه - في نموه - شجرة عيد الميلاد (ب).

ويبين شكل (٣ - ٤) طرازين لتوجه الأوراق: (أ) نبات نو أوراق قائمة، وهو يتطلب - غالباً - مساحة أقل من الأرض، وتلزم معه زيادة كثافة الزراعة، و(ب) نبات نو أوراق ممتدة

أفقياً لمسافة أكبر مما في (أ) . وإذا زرع كلاهما على نفس الكثافة، فإن الطراز (أ) ذا الأوراق القائمة يكون أكفأ من (ب) في «حصاد» أشعة الشمس والاستفادة منها.

اتجاه الأوراق



شكل (٣ - ٤) : طرازان للنمو النباتي؛ أحدهما ذو أوراق قائمة (أ)، والآخر ذو أوراق أفقية تنتشر جانبياً (ب).

أما شكل (٣ - ٥)، فإنه يبين طراز النبات النموذجي ideal plant، الذي يتميز بما يلي: الأوراق العليا قائمة النمو وتتجه إلى أعلى، والأوراق السفلى تميل تدريجياً إلى النمو الأفقي، ولكنها قصيرة نسبياً، والنبات نفسه يحتوى على عشر أوراق فقط، وقصير نسبياً، وذو فترة نمو خضري قصيرة، وفترة إثمار طويلة. ويكون هذا الطراز مناسباً للزراعة بكثافة عالية في خطوط ضيقة.



شكل (٣ - ٥) : طراز النمو للنبات النموذجي Ideal Plant.

مما تقدم يتضح بيانه أن الأوراق القائمة المتجهة إلى أعلى مفضلة على الأوراق الأفقية الممتدة أفقياً، ولعل السبب الرئيسى وراء ذلك هو استقبال الطراز الأول للضوء بصورة أفضل؛ وبذا.. تزيد كفاءة النبات فى الاستفادة من الضوء الساقط عليه فى عملية البناء الضوئى.

فنجد أن شدة الضوء الذى تستقبله الأوراق عند الظهيرة فى يوم مشرق تتراوح من ١٠٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ قدم - شمعة، ولا يمكن لأوراق معظم الأنواع النباتية «حصاد» كل هذه الطاقة؛ بسبب زيادة شدة الإضاءة كثيراً عما يلزم لوصول عملية البناء الضوئى إلى أقصى معدلاتها؛ لأن ذلك يحدث عند شدة إضاءة تتراوح من ٢٠٠٠ - ٣٠٠٠ قدم - شمعة، وهى شدة الإضاءة التى تعرف باسم التشبع الضوئى Light saturation. ولكن مع نشر الضوء الساقط على مساحة ورقية أكبر.. فإن شدة الإضاءة التى تستقبلها كل ورقة تكون أقل، وتزيد معها كفاءة النبات فى «حصاد» تلك الطاقة فى البناء الضوئى.

دعنا نتخيل سقوط حزمة ضوئية رأسية تبلغ شدتها ١٠٠٠٠ قدم - شمعة على ورقة أفقية (شكل ٣ - ٦). افترض بعد ذلك أن الورقة اتجهت تدريجياً إلى النمو القائم إلى أعلى. إن المحصلة الحتمية لهذا التغير فى وضع الورقة هو زيادة مساحة الجزء من الورقة المستقبل لحزمة الضوء. وعند زاوية ٨٠° - من الوضع الأفقى - نجد أن شدة الضوء (الذى يكون موزعاً على مساحة كبيرة من الورقة) تنخفض إلى مستوى التشبع الضوئى.

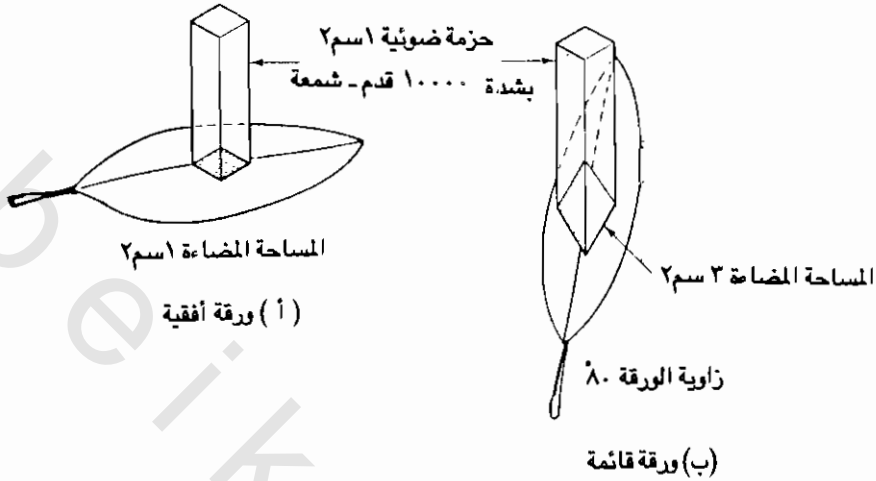
ويمكن حساب المساحة الورقية التى تستقبل الحزمة الضوئية فى الورقة القائمة هكذا:

$$\text{المساحة} = \frac{1}{\text{جيب تمام } 80^\circ} = \frac{1}{\text{جيب تمام الزاوية}} = \frac{1}{\text{جيب تمام } 80^\circ} = 3.46 \text{ سم}^2$$

وتكون شدة الإضاءة التى تستقبلها تلك المساحة = $\frac{10000}{3.46} = 2890$ قدم -

شمعة /سم^٢.

هذا.. إلا أنه لا يطبق التحليل السابق بيانه - مباشرة - تحت كل الظروف الحقلية.. فبرغم أن أشعة الشمس تأتى دائماً من اتجاه الشمس (أى من اتجاه واحد فى أية لحظة)، إلا أن

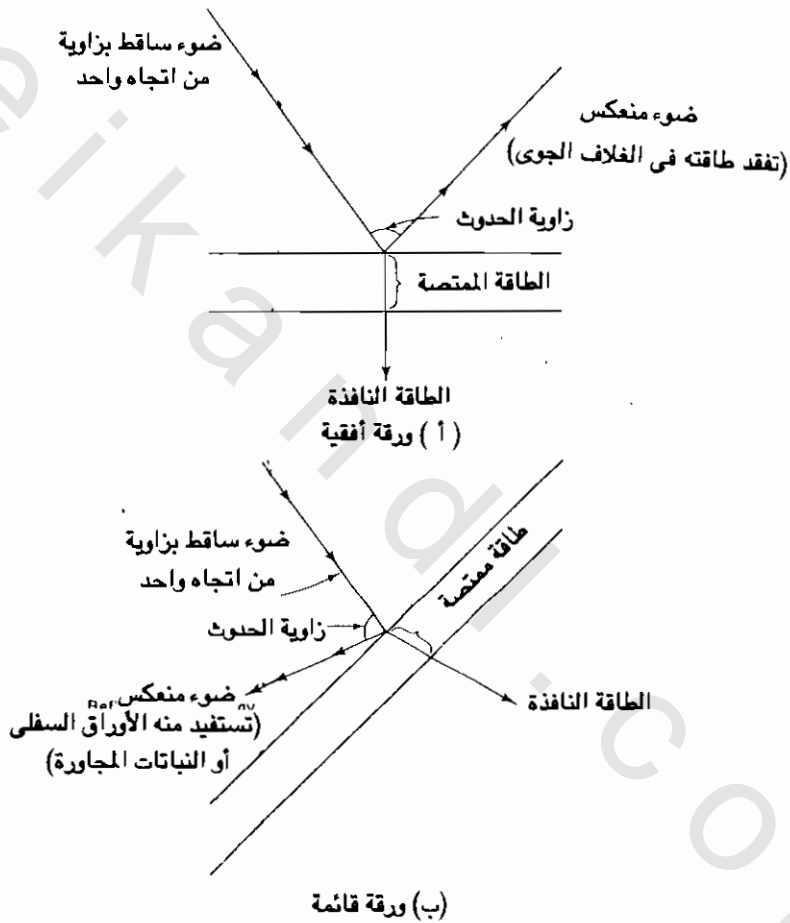


شكل (٣ - ٦) : المساحة الورقية التي تستقبل حزمة من الضوء الساقط عليها رأسياً في كل من الأوراق الأفقية (أ)، والقائمة إلى أعلى (ب).

السحب تشتت الضوء إلى درجة أنه يصل إلى النبات من جميع الاتجاهات بدرجات متساوية تقريباً. كما أن بعض النباتات توجه أوراقها في مقابل الشمس، وهي الظاهرة التي تعرف باسم الانتحاء الضوئي Phototropism.

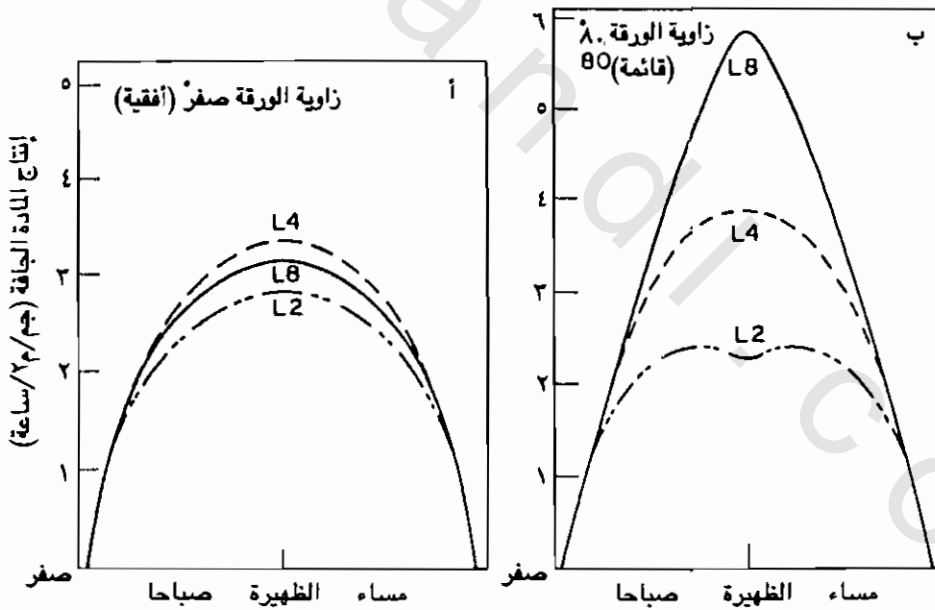
هذا.. وتبلغ كفاءة النبات - ككل - في عملية البناء الضوئي أقصى معدلها في شدة إضاءة ٨٠٠ قدم - شمعة، وبرغم أن معدل البناء الضوئي للورقة الواحدة يكون - في هذه الحالة - منخفضاً، إلا أن العشيرة النباتية تكون استفادتها أفضل من كل الضوء الساقط، وتزداد استفادة العشيرة من هذا الضوء إذا كانت الأوراق قائمة. ولكن استمرار انخفاض شدة الإضاءة عن ذلك يكون مصاحباً بنقص في معدل البناء الضوئي، إلى أن يتساوى معدل البناء مع معدل الهدم بالتنفس عند شدة إضاءة ٣٠٠ قدم - شمعة، وهي ما تعرف بنقطة التعادل أو التكافؤ الضوئي Light Compensation Point، ودونها تصبح الكفاءة التمثيلية سالبة القيمة.

وبين شكل (٣ - ٧) مصير الأشعة الضوئية الساقطة بزاوية (حوالي ٤٥°) على ورقة أفقية (أ)، وأخرى قائمة إلى أعلى (ب)، والذي يتضح منه أن الضوء المعكوس من سطح الورقة يفقد في الفضاء في حالة الورقة الأفقية، بينما يتجه نحو الأوراق السفلى - التي تستفيد بدورها منه - في حالة الورقة القائمة إلى أعلى.



شكل (٣ - ٧) : مصير الأشعة الضوئية الساقطة بزاوية (حوالي ٤٥°) على ورقة أفقية (أ)، وأخرى قائمة إلى أعلى (ب).

وقد استخدم الحاسوب (الكامبيوتر) في تقييم مدى أهمية الأوراق القائمة للنبات، وتبين أن الأوراق التي تكون بزاوية مقدارها 80° ترتبط - في المناطق الباردة - بمحصول أعلى عن الأوراق التي تكون بزاويا أقل. وتظهر الاختلافات النظرية في البناء الضوئي (معبرا عنها بكمية المادة الجافة المنتجة بالجرام / m^2 من الأرض /ساعة) للأوراق الأفقية تماماً (صفر)، وللأوراق المائلة على الوضع الأفقي بزاوية مقدارها 80° - عندما يكون دليل مساحة الورقة $2,0$ ، أو $4,0$ ، أو $8,0$ - تظهر الاختلافات النظرية بين هذه الحالات في شكل (٣ - ٨). ويبدو من الشكل أن أهمية الأوراق القائمة تكون واضحة جلية عندما تكون شدة الضوء أعلى ما يمكن وقت الظهيرة.



شكل (٣ - ٨) : القيم النظرية (المحسوبة بالحاسوب) لتراكم المادة الجافة في نبات الذرة عند اختلاف زاوية ميل الورقة، ودليل مساحة الورقة (L)، والوقت من النهار في المناطق الباردة.

وفى دراسات لاحقة لذلك.. تبين أن أعلى معدل للبناء الضوئى يكون فى النباتات التى تتميز بأوراق علوية قائمة لأعلى، بينما تميل أوراقها التالية تدريجياً إلى الوضع الأفقى، ولا يكون للأوراق القائمة أهمية تذكر إلا عندما يزيد دليل مساحة الورقة على ٢,٠؛ ذلك لأن زيادة دليل مساحة الورقة تعنى ضرورة أن تكون الأوراق قائمة، ليتمكن لكمية أكبر من الضوء النفاذ إلى الأوراق السفلى. كما أن هذه الدراسة أوضحت زيادة أهمية صفة الأوراق القائمة فى المناطق الاستوائية؛ نظراً لزيادة شدة الإضاءة - فى تلك المناطق بكثير - عما يلزم الأوراق لكى تصل إلى أقصى معدلات البناء الضوئى، مقارنة بالمناطق الشمالية.

وتؤكد عدة دراسات عملية أن الأوراق القائمة تؤدي إلى زيادة المحصول (كما فى الذرة، والشعير، وبنجر السكر)، وزيادة شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق السفلى.

هذا.. إلا أن جهود التربية التى بذلت فى هذا المجال لم يترتب عليها نجاح كبير، وربما يرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ - ربما لا تستمر الورقة القائمة إلى أعلى - فى بداية نموها - قائمة طوال فترة حياة النبات. ففى محاصيل الحبوب.. أمكن رصد حالات كانت فيها الأوراق قائمة إلى أعلى بشكل ملحوظ أثناء مرحلة النمو الخضري، ولكن الأوراق اتخذت وضعاً يميل إلى الوضع الأفقى تدريجياً مع بداية ظهور السنابل، وهى المرحلة المهمة التى يتم بعدها تكون الحبوب وامتلائها. ومع خروج السنبل من غلافها.. امتد الجزء العلوى من غمد الورقة جانبياً، وأجبر ورقة العلم flag leaf على اتخاذ وضع أفقى. ومع تقدم النبات فى العمر.. بدأت الأوراق تتدلى إلى أسفل.

٢ - لم تثبت صفة الأوراق القائمة فى كل الظروف البيئية. ويتضح ذلك جلياً فى المستويات المختلفة للتسميد الآزوتى؛ حيث تميل الأوراق القائمة إلى الارتخاء إلى أسفل عند زيادة النيتروجين فى التربة (عن Stoskopf ١٩٨١).



وراثة المحصول ، ومكوناته ، والتقدم فى جهود التربية

مكونات المحصول ووراثتها

نظراً لكون «المحصول الاقتصادى» الذى يزرع لأجله النبات صفة معقدة، يصعب إحراز تقدم سريع فيها بالتربية، لتأثرها الشديد بالعوامل البيئية من جهة (الامر الذى يُخَفِّضُ درجة توريثها كثيراً)، ولكونها محصلة لعدد من الصفات النباتية من جهة أخرى، لذا.. كان اتجاه مربى النبات نحو دراسة مكونات المحصول - كل على حدة - مع محاولة الجمع بين المكونات العالية - معاً - فى تركيب وراثى واحد يكون ذا قدرة إنتاجية عالية.. ولعل البقولات من أبرز النباتات التى درست فيها مكونات المحصول، ولذا.. فإننا نستعين بها كأمثله لتوضيح هذا الموضوع.

البسلة

يتحدد محصول البسلة (W) بعدد من المكونات؛ هى: عدد القرون بالنبات (X)، وعدد البذور بالقرون (Y)، ومتوسط وزن البذرة (Z)، وعدد البذور بالنبات.

وقد وجدت اختلافات بين سلالات البسلة فى عدد البويضات بالمبيض؛ حيث تراوحت من ٤ - ١٢ بويضة أو أكثر. وتعد هذه الصفة أقل تأثراً بالعوامل البيئية من صفة عدد البذور

بالقرن. وتبين من دراسات Marx & Mishanec (١٩٦٢) على هذه الصفة في السلالة PI 236493 - التي تنتج حتى ١٢ بويضة بالمبيض، والتي لقحت مع خمس سلالات تنتج بويضات يقل عددها بمقدار ١٠ - ٢٠٪ عما في هذه السلالة - أن هذه الصفة بسيطة، وأن العدد القليل من البويضات بالمبيض يسود على العدد الكبير.

وأوضحت دراسات Krarup & Davis (١٩٧٠) أنه يتحكم في محصول البسلة ومكوناته نظام وراثي إضافي، مع انحراف بسيط عن التأثير الإضافي، خاصة بالنسبة لكل من X، و Y، وعدد البذور بالنبات. وتراوح درجة التوريث من ٠,٢٨ لعدد البذور بالنبات إلى ٠,٦٥، لمتوسط وزن البذرة (Z). وكان أعلى ارتباط للمحصول (W) مع (X)، وتلاه الارتباط مع (Y)، ثم مع (Z). ويعتقد الباحثان أن (X) هي أفضل دليل للانتخاب للمحصول في البسلة الجافة. وفي دراسة أخرى.. قدر Pandey & Gritton (١٩٧٥) درجة التوريث - على النطاق الضيق - بنحو ٠,٠٨ فقط بالنسبة لصفة البذور الجافة (W)، بينما ارتفع التقدير إلى ٠,٨٠ بالنسبة لصفة متوسط وزن البذرة (Z).

وحاول مربو البسلة زيادة المحصول - بتربية أصناف تحتوي على عدد أكبر من القرون عند كل عقدة - واكتشفت طفرات بها ٣ قرون عند كل عقدة، واستخدمت في إنتاج أصناف محسنة تحتوي على هذه الصفة، إلا أنه لم تحدث زيادة كبيرة في المحصول نتيجة لذلك؛ مقارنة بالزيادة التي حدثت عند زيادة العدد من قرن إلى قرنين عند كل عقدة. وكان مرد ذلك إلى أن الأصناف ذات القرون الثلاثة - عند كل عقدة - كانت قرونها أقصر، وازدادت فيها نسبة البويضات التي تفشل في إكمال نموها.

وتتوفر اختلافات وراثية في عدد الأزهار عند كل عقدة؛ حيث يصل عدد الأزهار إلى ست أزهار وأكثر، كما تتوفر تباينات وراثية أخرى في حجم القرن، إلا أن ذلك كله يرتبط بحجم البذرة، الذي يصبح عاملاً محدداً في حالة زيادة عدد القرون، أو عدد البذور بالنبات.

الفاصوليا

كما سبق أن أوردنا تحت البسلة.. فإن محصول الفاصوليا من البذور الجافة يرتبط - هو الآخر - بمكونات هذا المحصول؛ وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرون، ومتوسط وزن البذور. وقد وجد Coyne (١٩٦٨) ارتباطاً جزئياً بين المحصول وتلك الصفات الثلاث، كما وجد ارتباطاً موجباً منخفضاً بين مكونات المحصول المختلفة؛ مما يدل على إمكان زيادة المحصول بالانتخاب لأحد مكوناته، دون أن يؤثر ذلك فى المكونات الأخرى. وفى تلك الدراسة.. كانت صفة العدد الكبير من القرون بالنبات سائدة سيادة تامة، ولكن درجات التوريث - المقدرة لكل من صفات المحصول ومكوناته - كانت منخفضة.

اللوبيا

أوضحت عديد من الدراسات أنه يمكن الآن الانتخاب للمحصول المرتفع فى اللوبيا بالانتخاب لأحد مكونات المحصول الرئيسية، وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرون، وحجم البذور، إلا أنه يفضل - دائماً - الانتخاب لصفة المحصول ذاتها. هذا.. وقدرت درجة التوريث - على النطاق العريض - بنحو ٥٤,٨٪ لصفة عدد القرون بالنبات، وبنحو ٤٦,٨٪ لصفة محصول البذور.

التقدم فى جهود التربية لزيادة المحصول

ليس من الممكن - ولا من الضروري - إجراء حصر شامل لجهود التربية لتحسين المحصول الاقتصادى فى شتى المحاصيل الزراعية؛ لأن ذلك يخرج بالكتاب عن هدفه. ونكتفى فى هذا الجزء بإلقاء الضوء على حالات خاصة تفيد فى فهم الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى؛ الذى أمكن تحقيقه فى المحصول الاقتصادى لبعض النباتات بالتربية، واهتمامات مربى النبات فى هذا المجال، والدروب التى يسلكها لتحقيق أهدافه.

الطماطم

أولاً: المحصول المبكر

يجرى الانتخاب للتبكير فى النضج - عادة - على أحد الأسس التالية:

١ - التبكير فى الإزهار أو العقد، أو نضج الثمار قبل موعد معين يتم تحديده سلفاً (على أساس نقص المعروض من الطماطم فى الأسواق خلال فترات معينة)، أو مقارنة بأى صنف آخر يكون من الأصناف القياسية المبكرة، أو التى تزرع على نطاق واسع.

٢ - كمية المحصول المبكر الذى يتحدد - عادة - على أحد الأسس التالية :

أ - المحصول الذى يتم حصاده خلال الخمسة عشر يوماً الأولى من موسم الحصاد.

ب - محصول الجمعيتين أو الجمعات الثلاث الأولى.

ج - المحصول الذى يتم حصاده قبل بداية الحصاد من الصنف القياسى.

د - المحصول الذى يتم حصاده قبل تاريخ معين.

وتوجد مقاييس أخرى لتحديد المحصول المبكر. وعموماً.. فإن المربى يأخذ منها ما يناسبه.

وقد درس الارتباط بين التبكير فى النضج وصفات نباتية أخرى؛ بهدف الانتخاب لصفة التبكير يوماً حاجة إلى الانتظار لحين نضج المحصول. فمثلاً.. وجد Pandita & Andrew (١٩٦٧) ارتباطاً معنوياً سالباً بين محتوى الورقة من عنصر الفوسفور، وعدد الأيام حتى النضج، وذلك فى عدد من أصناف الطماطم التى تختلف فى موعد نضجها. كان الارتباط - فى النباتات الصغيرة التى يبلغ عمرها ٦ - ٨ أسابيع - أكبر مما فى النباتات الأكبر التى يبلغ عمرها ١٠ - ١٢ أسبوعاً. واقترح الباحثان الانتخاب لصفة التبكير فى النضج، بتحليل مستوى الفوسفور فى أوراق النباتات - وهى فى مرحلة مبكرة من نموها - بدلاً من الانتظار لحين نضج الثمار. هذا.. وقد وجد الباحثان ارتباطاً وثيقاً مماثلاً فى محصول الخس.

وتبعاً لـ Boswell (١٩٣٧).. فإن موعد النضج صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافي - غالباً - نظراً لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطاً بين الأبوين، بينما تظهر كل التدرجات في موعد النضج في نباتات الجيل الثاني. ويعتبر التبكير في النضج من الصفات المنخفضة في درجة توريتها؛ حيث قدرت على النطاق العريض (Broad Sense Heritability) بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢).

ثانياً : المحصول الكلى

إن صفة المحصول - كما هو معلوم - صفة كمية مركبة. ويذهب بعض مربى النبات إلى اعتبار أن المحصول هو محصلة فعل جميع الجينات التي يحملها النبات، وهو قول لا يذهب بعيداً عن الواقع. ولكن تتفاوت الصفات النباتية - كثيراً - من حيث تأثيرها في المحصول. ولا يمكن معرفة الحجم الحقيقي لتأثير كل جين إلا بإنتاج سلالات تختلف في آليات هذا الجين - بينما تكون أصولها الوراثية متشابهة (isogenic lines) - ثم مقارنة محصولها.

ومن أبرز الأمثلة على الصفات المؤثرة في المحصول برغم أنها لا تذكر - عادة - في هذا الشأن صفتا النمو المحدود مقابل النمو غير المحدود والنمو الطبيعي مقابل النمو المتقزم.. علماً بأن كليهما صفة بسيطة يسود فيها النمو غير المحدود والمتقزم على التوالي. كما يتوقع أن يكون لصفات الورقة تأثيرات متباينة في المحصول الكلى للنبات، ومن أمثلتها: صفات اللون الأخضر مقابل اللون الأخضر المصفر، والطبيعية المظهر مقابل الذابلة Wilty، والعادية الشكل مقابل الشبيهة بورقة البطاطس.. علماً بأن جميعها صفات بسيطة يسود فيها اللون الأخضر، والمظهر والشكل الطبيعيين على التوالي. هذا.. بينما لا يتوقع أن يكون لصفات أخرى أى تأثير في المحصول؛ مثل صفة لون ساق البادرة الأرجوانى مقابل اللون الأخضر، وهى صفة بسيطة يسود فيها اللون الأرجوانى.

هذا.. إلا أنه عند التربية للمحصول.. فإن جل اهتمام المربى ينصب إما على المحصول الكلى مباشرة، وإما على مكونات هذا المحصول - كل على حدة - وإما على الصفات الفسيولوجية التى يكون لها دور مباشر فى التأثير فى المحصول.

ومن أهم مكونات المحصول في الطماطم: عدد العناقيد الزهرية، وعدد الأزهار بكل عنقود، ونسبة العقد (أو عدد الثمار بكل عنقود)، ومتوسط وزن الثمرة. وكما هو متوقع.. فإن درجة توريث المحصول تكون منخفضة جداً إذا لم تؤخذ - في الحساب - مكونات هذا المحصول، أو الصفات الفسيولوجية التي تؤثر فيه كل على انفراد. فمثلاً.. قدرت درجة توريث المحصول على النطاق العريض في إحدى الدراسات بنحو ١٠٪ فقط، وفي المقابل.. ارتفعت درجة التوريث المقدرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢ و Yassin ١٩٨٨). وكذلك حصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧٪ لدرجة التوريث على النطاق العريض لصفة عدد الأوراق بين العناقيد، وهي - كسابقتها - صفات ترتبط بصفة المحصول الذي يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات، وينقص عدد الأوراق بين كل عنقودين زهرين.

وتفيد دراسة الأساس الفسيولوجي للمحصول في إمكانية الربط بين المحصول المرتفع ومختلف العمليات الفسيولوجية، التي تسهم بدور فعال في إنتاج هذا المحصول في السلالات المختلفة؛ وبذا تتضح الرؤية أمام المربي، الذي يسعى - بناء على هذه المعلومات - إلى جمع تلك الصفات الفسيولوجية في تركيب وراثي واحد يكون أعلى محصولاً من أي من السلالات المستخدمة في إنتاجه منفردة. ويتبين - فيما يلي - الاتجاه السائد فيما يتعلق بهذه النوعية من الدراسات :

- وجدت اختلافات كبيرة بين أصناف الطماطم في كفاءتها في عملية البناء الضوئي. كما تبين وجود علاقة في بعض سلالات الطماطم بين كفاءة عملية البناء الضوئي وبعض صفات الورقة المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية. وكانت أكثر الصفات دلالة على مدى كفاءة عملية البناء الضوئي هي محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ حيث بلغ معامل الارتباط (r) بين الصنفين ٦٩،٠.

- أظهرت الدراسات الوراثية أن صفتي كفاءة البناء الضوئي والمحتوى الورقي المرتفع من الكلوروفيل يتحكم فيهما - معاً - جين واحد؛ وهو ما يعني أن انتخاب النباتات ذات الأوراق الخضراء القاتمة يعني - تلقائياً - انتخاب التراكيب الوراثية ذات الكفاءة التمثيلية

العالية. وقد تبين - كذلك - ان تلك الكفاءة العالية كانت مرتبطة بزيادة كبيرة فى كمية ونشاط إنزيم ribulose, 1-5- biphosphate carboxylase.

- تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز - من الأوراق إلى الثمار - كانت منخفضة نسبياً فى أصناف الطماطم غير المحدودة النمو، التى انتقل فيها أقل من ٢٠٪ من الكربون المشع (^{١٤}ك) خلال فترة ٢٤ ساعة، كما اتضح أن أصناف الحصاد الآلى القديمة كانت - هى الأخرى - قليلة الكفاءة فى نقل الغذاء المجهز إلى الثمار. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بتحسين دليل الحصاد، وبزيادة كفاءة الثمار فى استقبال الغذاء المجهز، ويظهر ذلك بوضوح فى أصناف الحصاد الآلى الحديثة العالية المحصول، التى تعقد ثمارها وتنضج فى وقت واحد.

- اتضح أن ثمار الطماطم لديها قدرة محدودة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها، بالرغم من أن أديم الثمرة غير منفذ للغازات؛ فقد وجد أن نسبة المادة الجافة التى تُصنع بالثمار ذاتها تصل إلى ١٠ - ١٥٪ من تلك التى توجد بها، كما لوحظ أن ثمار الأصناف ذات المحتوى الكلوروفيللى المرتفع قبل النضج كانت - أحياناً - ذات محتوى عالٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك بعد النضج. إلا أنه نظراً لأن معظم الطفرات المعروفة - التى تؤثر فى لون الثمار غير الناضجة - تؤثر كذلك فى مستوى الكلوروفيل فى النوات الخضرية؛ لذا يصعب تحديد الدور الذى تلعبه الثمار فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها.

- ربما كان من الممكن زيادة المحصول بالانتخاب لصفة المعدل المنخفض للتنفس فى الثمار، خاصة بعد اكتشاف اختلافات وراثية فى مستوى نشاط إنزيم ribulose, 1-5 biphosphate carboxylase - المؤثر فى معدل التنفس - فى الثمار (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨).

- أظهرت دراسة - أجريت على ١٥ صنفاً من الطماطم، و١٠٤ من هجين الجيل الأول بينها - وجود اختلافات جوهرية جداً فى القدرة العامة على التألف بين الآباء فى جميع

الصفات التي درست (وهي الكفاءة التمثيلية، ونسبة المساحة الورقية، والمساحة الورقية الخاصة)، واختلافات جوهرية في القدرة الخاصة على التآلف لبعض الصفات. كما ظهرت ارتباطات سالبة قوية بين القيم المُقدَّرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية مع المساحة النسبية للأوراق والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area. وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقدَّرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦).

- أظهرت دراسة أخرى على نفس الأصناف والهجن السابقة وجود اختلافات جوهرية في كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات: صافي البناء الضوئي net photosynthesis، والتنفس الظلامي dark respiration، والوزن الورقي الطازج الخاص specific leaf fresh weight، ومقاومة الثغور (Van De stomatal resistance) (Dijk ١٩٨٧)؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاوتة في تحديد المحصول الكلي للنبات.

وقد تمكن مربى النبات من توجيه نمو نبات الطماطم بما يناسب حصاده آليا، و تحقق ذلك بإنتاج نباتات ذات نمو مندمج تعطى جُلُ إزهارها وإثمارها خلال فترة زمنية قصيرة؛ الأمر الذي يمكن معه حصاها آليا مرة واحدة. ولكن كانت هناك دائما مشكلة التربية لزيادة المحصول، مع زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في تلك الأصناف التي تنضج جميع ثمارها في وقت متقارب، لأن قدرة النبات على تمثيل الغذاء تكون محدودة بتلك الفترة، بعكس الحال في الأصناف غير المحدودة النمو التي تبقى مثمرة لفترات طويلة.

البطاطس

أوضحت الدراسات الوراثية - التي استخدمت فيها البنور الحقيقية - أن صفة المحصول في البطاطس تتأثر - فقط - بالتباين غير الإضافي للجينات. وبالرغم من ذلك.. كانت درجات التوريث المقدرة لبعض صفات مكونات المحصول - مثل عدد الدرنات بالنبات وحجم الدرنات - عالية نسبياً. وقد خلص الباحثون إلى إمكان تحسين محصول البطاطس بالانتخاب للصفات الأخرى ذات درجات التوريث المرتفعة؛ مثل حجم الدرنه (Thompson وآخرون ١٩٨٣).

ويراعى - فى هذا الشأن - انتخاب النباتات التى تضع العدد المناسب من الدرنات بالحجم المناسب. فقد يضع النبات عدداً كبيراً من الدرنات، إلا أنها تكون صغيرة الحجم لا تصلح للاستهلاك، أو قد يضع عدداً قليلاً من الدرنات، إلا أنها تكون أكبر حجماً من اللازم؛ لذا.. يلزم دائماً - عند إجراء التلقيحات - ألا تكون بين أصناف أو سلالات تضع أعداداً كبيرة من الدرنات الصغيرة، وإلا اضطر المربي إلى استبعاد نسبة كبيرة من النسل؛ لأن درناته تكون أصغر مما ينبغى؛ بسبب الزيادة الكبيرة فى أعدادها.

وكما سبق أن أوضحنا بالنسبة للطماطم.. فإن طبيعة النمو النباتى قد يكون لها تأثير غير مباشر فى المحصول.

وتعد صفة النمو الطبيعى سائدة على صفة النمو المفترش؛ ويتحكم فيها ٣ أزواج - على الأقل - من العوامل الوراثية (عن Howard ١٩٦٩).

كذلك يتوقف محصول البطاطس - إلى حد كبير - على المدة التى تلزم لحين نضج الدرنات. والقاعدة العامة هى أنه كلما تأخر الحصاد ازداد المحصول؛ لذا.. فمن الضرورى أن يحدد المربي - سلفاً - درجة التبكير أو التأخير فى النضج التى يريدها فى الصنف الجديد.. علماً بأنه لا يشترط أن تكون الأصناف المبكرة مبكرة النضج، بل إن المعيار هو إنتاج محصول اقتصادى مربح فى بداية الموسم. ومع ذلك.. فهناك من الأصناف المبكرة ما تنضج درناتها مبكراً. هذا.. إلا أن جميع الأصناف المتأخرة تكون متأخرة النضج، ولا يمكنها إنتاج محصول اقتصادى مربح مبكراً فى بداية الموسم.

تدل الدراسات الوراثية على أن موعد النضج يعتمد على عدد من الجينات، وأن الأصناف خليطة فى معظم هذه الجينات؛ لذا.. فإن نسبة الانعزالات المبكرة لا تزيد على ٦٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف أو السلالات المبكرة وبعضها البعض، وتكون فى حدود ٢٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف المبكرة والمتأخرة.

وأياً كانت الصفات التى ترتبط بالمحصول بصورة غير مباشرة.. فإن القدرة على تثبيت

غاز ثاني أكسيد الكربون في النبات تعد أكثر الصفات التي لها ارتباط مباشر بالمحصول. وفي هذا المجال.. وجد Dwelle وآخرون (عن Dwelle ١٩٨٥) اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس في معدل البناء الضوئي، وأمكنهم تعرّف عديد من الأصناف المتفوقة في تلك الصفة. وبدراسة هذه الأصناف.. تبين أن بعضها كان ذا قدرة عالية على تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون من خلال السطح العلوي للأوراق (مثل الصنف Lemhi Russet)، بينما تفوق بعضها الآخر في تثبيت الغاز من خلال السطح السفلي للأوراق (مثل السلالة الخضرية 4-6948 A). وبتلقيحهما معا.. أمكن التعرف - في النسل - على كل الانعزالات الوراثية الممكنة بالنسبة للقدرة العالية أو المنخفضة على تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون من خلال أحد سطحي الورقة أو كليهما، وكان من بينها سلالات قليلة ذات قدرة عالية على تثبيت الغاز من كلا سطحي الورقة، إلا أنها لم تكن جميعها عالية المحصول؛ نظراً لأن بعضها وجهت الزيادة الكبيرة في الغذاء المجهز نحو إنتاج نمو خضري غزير، بينما كان محصول درناتها متوسطاً.

الفلفل

يعد عدد الأزهار - عند كل عقدة - من الصفات المميزة لأنواع الجنس *Capsicum*؛ حيث يكون العدد زهرة واحدة عند كل عقدة في النوع *C. annum*، و٢ - ٣ أزهار في النوع *C. frutescens*، و٣ - ٥ أزهار في النوع *C. chinense*.

ويساعد نقل صفة الأزهار الكثيرة عند كل عقدة - من الأنواع البرية إلى الأصناف التجارية - على تركيز عقد الثمار، وتجانس النضج، وخفض تكاليف الحصاد، مع احتمال زيادة المحصول.

وقد قام Subramanya (١٩٨٣) بتلقيح السلالة P.I. 159236 من *C. chinense* مع الصنف Delray Bell من النوع *C. annum* في محاولة لنقل صفة تعدد الأزهار عند كل عقدة من النوع الأول إلى الثاني، وكان الجيل الأول بينهما وسطاً في الصفة؛ حيث ظهرت به زهرتان عند كل عقدة. وتبين من الانعزالات في الجيلين الثاني والثالث والتلقيحات الرجعية

أن جينات قليلة رئيسية (ربما ثلاثة جينات) تتحكم في صفة وجود زهرتين عند كل عقدة، بينما لزمّت جينات أخرى إضافية لظهور صفة وجود أكثر من زهرتين عند كل عقدة.

وتأكيداً لذلك.. وجد Tanksley & Iglesias - Olivas (١٩٨٤) أن صفة تعدد الأزهار في العقدة الواحدة في النوع *C. chinense* (التي يبلغ متوسطها ٢ - ٤ أزهار/ عقدة، وإن كانت تصل في بعض الأصناف إلى ١٠ أزهار/عقدة) - مقارنة بطبيعة حمل الأزهار المفردة في النوع *C. annuum* - يتحكم فيها ٥ أزواج من العوامل الوراثية على الأقل. كما يذكر Greenleaf (١٩٨٦) أن عدد الجينات الذي يتحكم في هذه الصفة ربما كان ٧ أزواج. وبالمقارنة.. كان Barrios & Moskar (١٩٧٢) قد توصلا إلى أن صفة حمل الأزهار في عناقيد يتحكم فيها عامل وراثي واحد.

يعد حجم ثمرة الفلفل صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية. وقدر عددها - في إحدى الدراسات - بنحو ٢٠ - ٢٣ عاملاً وراثياً. وتكون ثمار الجيل الأول وسطاً في الحجم بين ثمار نباتات الآباء. ويستدل من إحدى الدراسات على أنه يمكن التنبؤ بحجم ثمار الجيل الأول من الجذر التربيعي لحاصل ضرب متوسط حجم ثمار كل من أبوي الهجين. كما أوضحت دراسة أخرى أن صفة الثمار الكبيرة سائدة على الثمار الصغيرة (عن Khalil ١٩٧٤).

وقد تبين من دراسات Maksoud وآخرين (١٩٧٧) أن صفة وزن أو حجم ثمرة الفلفل يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، مع وجود سيادة جزئية لصفة الثمار الصغيرة، بالإضافة إلى وجود عديد من الجينات المحورة التي تلزم لظهور صفة الثمار الصغيرة، وقدّرت درجة توريث الصفة على النطاق العريض بنحو ٨٩٪.

هذا.. ويوجد ارتباط موجب بين ثمرة الفلفل ومساحة الورقة، لدرجة أن بعض الباحثين اعتقد بإمكان الانتخاب لصفة الثمار الكبيرة بانتخاب البادرات ذات الأوراق الكبيرة. ويرغم ذلك.. فإن الصفتين يتحكم فيهما عوامل وراثية مختلفة.

الخيار

من أهم الصفات التي اهتم بها مربى النبات - لتحسين محصول الخيار - ما يلي :

١ - حالة الجنس والنسبة الجنسية :

إن حالة الجنس (كون النبات يحمل - مثلاً - أزهاراً مؤنثة فقط، أم كاملة فقط، أم أزهاراً مؤنثة وأخرى كاملة، أم أزهاراً مذكرة مع أزهار كاملة)، وكذلك النسبة الجنسية (نسبة الأزهار المؤنثة أو الكاملة إلى الأزهار المذكرة) تؤثران في محصول الخيار؛ ذلك لأن ثمار الخيار (المحصول الاقتصادي) تتكون بنمو مبايض الأزهار المؤنثة أو الخنثى، سواء أعقدت فيها بذور (أى كانت بذرية)، أم لم تعقد (أى كانت بكرية). كما أن ثمار الخيار تحصد - للاستهلاك - قبل اكتمال نضجها النباتى بوقت طويل؛ وبذا.. يمكن للنبات الواحد أن ينتج عديداً من الثمار الصالحة للاستهلاك، بعكس الحال فى البطيخ والقاوون اللذين تحصد ثمارهما بعد وصولها إلى مرحلة النضج النباتى. ولأجل هذا.. كان اهتمام مربى النبات بحالة الجنس، وبالنسبة الجنسية - فى الخيار - كثيراً.

تتوفر فى الخيار جميع حالات الجنس، وهى إنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة على نفس النبات (وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious)، وإنتاج أزهار مؤنثة فقط (أنثوية gynoeceious)، وإنتاج أزهار مؤنثة وأزهار كاملة (gynomonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار كاملة (andromonoecious)، وإنتاج أزهار كاملة فقط (hermaphroditic)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة وأزهار كاملة (trimonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة فقط (androecious).

يتحكم فى صفة إنتاج الأزهار المؤنثة (حالة الـ gynoeceious) جين واحد سائد يأخذ الرمز F، ولكن فعل هذا الجين يتأثر - بشدة - بالجينات المحورة والعوامل البيئية. ولا يشترط أن تكون النباتات الحاملة لهذا الجين كاملة الأنوثة؛ فقد تكون وحيدة الجنس وحيدة المسكن أو خنثى كذلك. ويتوقف ذلك على الجينات الأخرى التى تتفاعل مع الجين F، والخلفية

الوراثية للسلالة، والظروف البيئية. ولكن السلالات الحاملة لهذا الجين السائد تكون فيها نسبة الأزهار المؤنثة أعلى منها في السلالات ذات الأصول الوراثية المشابهة isogenic lines التي تحمل الأليل المتنحي a . ومن الجينات المؤثرة في صفة الأنوثة الجين $In-F$ الذي يزيد intensifies حالة الأنوثة (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

وقد وجد Kubicki أن صفة الذكورة (أي إنتاج أزهار مذكرة فقط androecious) يتحكم فيها عامل وراثي متنح أعطى الرمز a ، بينما تكون النباتات الحاملة للجين السائد A وحيدة الجنس وحيدة المسكن.

ويذكر أن حالة الجنس في الخيار يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية؛ هما: F و M . وبينما يحدد الجين M وآلية m كون الزهرة مؤنثة (M) أم كاملة (mm)، فإن الجين F وآليته f يحددان عدد العقد فيما إذا كان النبات خالياً تماماً من أية أزهار مذكرة (F)، أم تظهر به بعض الأزهار المذكرة على العقد الأولى من الساق الرئيسية (ff). ينعزل الجينان مستقلين عن بعضيهما، وتكون التراكيب الوراثية الممكنة والأشكال المظهرية المقابلة لها كما يلي:

التركيب الوراثي	الشكل المظهري
$M - F -$	أنثوي gynoeceous
$M - ff$	وحيد الجنس وحيد المسكن monoecious
$mm F -$	خنثوي hermaphroditic
$mm ff$	مذكر androecious

ويتأثر ذلك كله بكل من الجينات المحورة والعوامل البيئية (عن lezzoni & Peterson ١٩٨٠). وقد اقتر lezzoni وآخرون (١٩٨٢) وجود جين آخر ($M-2$) - إلى جانب الجين M - يؤثر في صفة الجنس بطريقة مكملة Complementary، كما وجدوا أن كلا الجينين M ، و $M-2$ يرتبط بشدة بالجين المسئول عن المقاومة لمرض الذبول البكتيري.

وقد درس Miller & Quisenberry (١٩٧٦) وراثة عدد الأيام من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة، وتوصلا إلى النتائج التالية :

أ - كان معظم التباين الوراثي إضافياً، ولكن ظهرت سيادة جزئية لكل من صفة الإزهار المبكر وصفة تكوين أول زهرة عند عقدة أقرب لقاعدة الساق.

ب - يتحكم في عدد الأيام - من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة - عدد قليل من الجينات. وكانت درجة تورث هذه الصفة عالية نسبياً؛ حيث تراوحت من ٠,٤٦ - ٠,٦٢.

ج - برغم اختلاف الأصناف في سرعة إنبات البذور.. إلا أن هذه الصفة لم تكن ذات أهمية بالنسبة للمحصول المبكر، مقارنة بصفة عدد الأيام إلى حين ظهور أول زهرة بالنبات.

د - كان للحرارة المنخفضة تأثير سلبي؛ إذ إنها أبطأت النمو النباتي، وأخرت ظهور أول زهرة إلى عقدة أبعد عن قاعدة الساق.

هـ - كان الارتباط بين موعد الإزهار ومتوسط تاريخ الحصاد جوهرياً وعالياً، وبلغت قيمته ٠,٨٢.

هذا.. وتمر نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن بمراحل للنمو، تنتج فيها النباتات - على التوالي - أزهاراً مذكرة فقط، ثم أزهاراً مختلطة، ثم أزهاراً مؤنثة فقط.

وقد وجد George (١٩٧١) جيناً سائداً يسرع التحول من حالة إنتاج الأزهار المذكرة إلى إنتاج الأزهار المؤنثة، أعطى الرمز Acr؛ نسبة إلى الصفة accelerator.

وبالمقارنة.. وجد جين آخر متنح يؤخر الإزهار في ظروف النهار القصير، وقد أعطى الرمز df؛ نسبة إلى الصفة delayed flowering. وتبين أن حالة من سكون البنور ترتبط بهذا الجين في الأجيال الانعزالية.

٢ - طبيعة النمو :

يتحكم في صفة النمو المحدود جين واحد متنح، يأخذ الرمز *de*؛ نسبة إلى الصفة *determinate*، وإن كان البعض يعتقد أن هذا الجين ذو سيادة غير تامة. ويتأثر فعل الجين بجين آخر محور هو *ln-de*.

يوجد جين آخر متنح يجعل النبات خالياً من القمة لدى تعرضه لصدمة حرارية *temperature shock*، ويأخذ هذا الجين الرمز *bl* نسبة إلى الوصف الذي يتميز به هذا النبات وهو "blind". ويمنع تكوين المحاليق *tendrils* جين واحد متنح يأخذ الرمز *td*، له تأثيرات أخرى في تركيب الثمرة والورقة.

وبالنسبة لطول النبات فإن الجين السائد *T* يتحكم في صفة النبات الطويل *tall*، ويتحكم الجين المتنح *cp* في صفة النمو المدمج *compact*، والجين المتنح *dw* في صفة النمو المتقزم *dwarf*. ويؤدى كل من الجينين الأخيرين إلى تقصير سلاميات النبات.

وجدير بالذكر أن النباتات المدمجة *cp cp* تكون شديدة التقزم، ولا يزيد حجم بذورها على ثلث حجم بذور النباتات التى تحمل الأليل السائد *Cp*.

كما أن الجين *de* الخاص بالنمو المحدود يؤثر في طول السلاميات، ولكنه لا يؤثر في عددها (Kauffman & Lower ١٩٧٦). أما الجين *in-de*.. فيؤدى وجوده بحالة متنحية أصيلة مع الجين *de* إلى جعل النباتات متقزمة كثيرة الأوراق (George ١٩٧٠). ولجميع هذه الجينات أهمية خاصة عند التربية للصلاحيات للحصاد الآلى، ولها تأثيرات كبيرة في محصول النبات من الثمار، ومسافات الزراعة التى تناسب إنتاج أعلى محصول من وحدة المساحة من الأرض في كل حالة من حالات طبيعة النمو.

وقد وجدت صفات اقتصادية كثيرة هامة في الصنف النباتى *C. sativus var. hardwickii* يمكن إدخالها في الخيار المزروع؛ مثل: حمله عدة ثمار عند كل عقدة، وخلوه من ظاهرة السيادة القمية؛ حيث يعطى فروعاً جانبية أكثر وأطول مما في الخيار. ولكن يعيب هذا

الصنف النباتي أن ثماره صغيرة الحجم (يتراوح طولها من ٤ - ٨ سم)، بيضاوية الشكل، أى يوجد بها فجوات بذرية كبيرة، وعلى سطحها أشواك سوداء قوية، وجلدها صلب قوى، وطعمها مر. هذا.. فضلاً على أن بعض سلالاته التى درست من قبل (مثل P.I. 183967، و P.I. 215589) وجدت قصيرة النهار اختياريًا facultative short - day، كما كانت سلالات أخرى - مثل 90430 لـ قصيرة النهار إجباريًا؛ حيث لم تزهر إلا عندما قصرت الفترة الضوئية عن ١٢ ساعة مع حرارة ٢٠م نهاراً، و٢٠م ليلاً؛ الأمر الذى يشكل تحديًا للاستفادة من هذا الصنف النباتي فى تحسين الخيار المزروع.

وباستخدام طريقة الانتخاب المتكرر، والسلالة P.I. 90430 من *C. sativus* var *hardwickii* كمصدر لصفة تعدد الثمار.. أمكن إحراز تقدم ملحوظ - خلال ثلاث دورات من الانتخاب - فى متوسط عدد ثمار التخليل/ نبات عند إجراء الحصاد مرة واحدة ألياً.

كما حاول Delaney & Lower (١٩٨٧) الجمع بين صفة تعدد الفروع والثمار من هذا الصنف النباتي مع صفة النمو المحدود determinate من سلالتى الخيار Spacemaster، وNCSU M27.

وفى دراسة أخرى.. وجد Kupper & Staub (١٩٨٨) أن سبع سلالات من النوع النباتي *C. sativus* var. *hardwickii* كانت ذات قدرة عامة على التآلف مع ثلاث سلالات من الخيار فى جميع الصفات التى درسها؛ وهى: عدد الثمار، وعدد الفروع الجانبية، وطول الثمرة، ونسبة طول الثمرة إلى قطرها، وعدد العقد التى تحمل أزهاراً مؤنثة، وعدد الأيام إلى تفتح الأزهار anthesis؛ الأمر الذى يدل على إمكان الاستفادة منه فى تحسين الصفات البستانية فى الخيار.

وبوجه عام.. فإن المربي يأمل فى زيادة محصول النبات الواحد، وتركيز إنتاجه؛ ليتمكن حصاده ألياً من خلال ثلاث صفات؛ هى:

أ - صفة التقزم Dwarfism.. حيث يمكن زراعة السلالات المتقزمة على مسافات ضيقة، وبذا.. يزيد عدد الثمار التى يمكن حصادها ألياً مرة واحدة.

ب - صفة الأنوثة.. حيث يبدأ إنتاج الأزهار المؤنثة مبكراً وبصورة أكثر تركيزاً. وقد

وجد Prend & John (١٩٧٦) أن محصول الهجن المتقزمة الأنثوية gynoeious dwarf كان أكثر من مثلي محصول الهجن الأنثوية العادية. كما كان متوسط عدد الثمار بالنبات أكبر مما في الهجن الأنثوية العادية عندما أجرى الحصاد مرة واحدة ألياً.

ج - صفة كثرة التفرع وكثرة عدد الثمار/ نبات التي تتوفر في الصنف النباتي *C. melo* var. *hardwickii*، وقد سبقت الإشارة إليها.

القاوون

وبرغم أن قدرة نبات القاوون على إنتاج الثمار (وهي التي تحصد للاستهلاك عند بلوغها مرحلة النضج النباتي) محدودة.. إلا أن حالة الجنس والنسبة الجنسية - وهما الصفتان المتحكمتان في عدد الثمار التي يمكن أن ينتجها النبات - نالتا اهتماماً كبيراً من مربى النبات.

لقد وجد أن جيناً واحداً متحكماً (a) يحول النبات من الحالة الـ monoecious (أى الوحيد الجنس الوحيد المسكن) إلى الحالة الـ andromonoecious (أى التي يحمل فيها النبات أزهاراً كاملة وأزهاراً مذكرة) (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

ويذكر Whitaker & Davis (١٩٦٢) أن الجينين: A و G يتحكمان في وراثة الجنس في القاوون على النحو التالي: يجعل الجين A معظم الأزهار الكاملة مؤنثة، ويجعل الجين G معظم الأزهار الكاملة مذكرة، وبذا.. يكون نسل النبات الخليط Aa Gg على النحو التالي :

التركيب الوراثي	النسبة	الشكل المظهري
A-G-	٩	توجد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة monoecious
aa G-	٣	توجد أزهار مذكرة وأزهار كاملة andromonoecious
A-gg	٣	توجد أزهار مؤنثة وأزهار كاملة gynomonoecious
aa gg	١	توجد أزهار كاملة فقط perfect

هذا.. إلا أن النباتات ذات التركيب الوراثي A-gg لا تكون دائماً gynomonoecious؛ حيث تتأثر بالعوامل البيئية، فتظهر بعضها أنثوية gynoecious، وقد يصبح بعضها الآخر trimonoecious؛ أى يظهر بها خليط من الأزهار المذكرة، والمؤنثة، والخنثى. ولكن نتائج الدراسات تختلف بشأن حالة الـ trimonoecious؛ حيث ذكر البعض أن جينين آخرين يتفاعلان مع الجينين a و g لإظهار هذه الحالة.

جدير بالذكر أن النباتات الـ andromonoecious تحمل أزهاراً مذكرة فقط على الساق الرئيسية للنبات، وخليطاً من الأزهار المذكرة والأزهار الخنثى على أفرع النبات. وقد اكتشفت طفرة متنتحية تمنع تكوين أية فروع من الساق الرئيسية للنبات، وأعطيت الرمز ab نسبة إلى الصفة abrachiate. ويظهر هذه الطفرة على نبات andromonoecious.. فإنها تحوله - تلقائياً - إلى نبات مذكر androecious - لأن الساق الرئيسية للنبات لا تحمل سوى أزهار مذكرة فقط.

وقد وجد ارتباط بين شكل الثمرة وحالة الجنس؛ حيث تنتج الأزهار المؤنثة - غالباً - ثماراً كروية، بينما تنتج الأزهار الكاملة ثماراً مطاوله أو بيضاوية.

وقد أدى ذلك إلى الاعتقاد بأن الجين a (الخاص بحالة الـ andromonoecious) ذو تأثير متعدد. وقد وجدت حالات شاذة لهذه القاعدة، يعتقد أنها ترجع إلى وجود جينات محورة.

الكوسة

من بين أهم الصفات المؤثرة في محصول الكوسة كل من طبيعة النمو، وحالة الجنس.

١ - طبيعة النمو

يتحكم في طبيعة النمو - من حيث كونه قائماً، أم مفترشاً - جين واحد (يأخذ الرمز Bu) فى كل من *C. pepo* و *C. maxima*، وربما كان هذا الجين فى نفس الموقع الكروموسومى فى النوعين، إلا أن حالة السيادة تختلف بينهما حسب مرحلة النمو النباتى؛

ففى *C. pepo*.. تسود صفة النمو القائم كلياً تقريباً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، إلا أن السيادة تصبح جزئية فقط فى مراحل النمو التالية.

أما فى *C. maxima*.. فإن النمو القائم يكون سائداً كلياً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، ثم يصبح متنحياً تماماً فى المراحل التالية للنمو (Whitaker ١٩٧٤). وفضلاً عما تقدم.. فإن فعل هذا الجين يتأثر بجينات أخرى محصورة. وقد اكتشف جين آخر متنح فى *C. pepo*، يجعل النبات شديد التقزم Extreme Dwarf.

٢ - حالة الجنس

إن معظم أصناف القرع وحيدة الجنس وحيدة المسكن، ولكنها تختلف - كثيراً - فى نسبة الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة. ويشذ عن ذلك طفرة بسيطة تحمل أزهاراً مذكرة فقط androecious وجدت فى *C. pepo*، ويتحكم فيها جين متنح يأخذ الرمز a، كما وجدت طفرة أنثوية gynoeicous فى النوع *C. foetidissima*، إلا أن استحالة تهجينه مع *C. maxima*، و *C. Moschata*، و *C. pepo* حالت بون الاستفادة من تلك الصفة فى هذه الأنواع.

الفاصوليا

برغم وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الفاصوليا فى معدل عملية البناء الضوئى، وبرغم اعتماد المحصول على معدلات البناء الضوئى.. فلم يمكن أبداً - فى الفاصوليا - ملاحظة أى ارتباط وراثى عالٍ بين الصفتين؛ وبذا.. لم يمكن الاستفادة من الاختلافات المشاهدة بين السلالات فى معدل البناء الضوئى فى الانتخاب لتحسين المحصول. إلا أن كمية المحصول تتوقف على ثلاثة عوامل؛ هى:

١ - تأقلم التركيب الوراثى مع الظروف البيئية.

٢ - قدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة فى صورة غذاء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣ - قدرة التركيب الوراثي على توزيع نواتج التمثيل الغذائي على مختلف الأعضاء النباتية؛ بنسب يتحقق معها أكبر محصول اقتصادي، مع القدرة على نقل هذا الغذاء إليها أولاً بأول.

ويعتبر المحصول البيولوجي Biological Yield، والنمو البيولوجي الكلي Biomass Growth دليلاً على قدرة التركيب الوراثي على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية في صورة غذاء مجهز، بينما يعبرُ دليل الحصاد عن توزيع الغذاء المجهز على الأعضاء الاقتصادية؛ مقارنة ببقية الأنسجة النباتية. ويعبر معدل نمو البذور (أو الجزء الاقتصادي من النبات) عن كفاءة التركيب الوراثي في نقل الغذاء المجهز. كما يمكن إيجاد مقياس آخر هو معدل النمو الاقتصادي؛ ليكون دليلاً على العلاقة بين المحصول وفترة النمو النباتي.

وبرغم أن درجات التوريث - التي قدرها مختلف الباحثين لحصول الفاصوليا - منخفضة للغاية، إلا أن درجات التوريث التي قدرت لبعض الصفات المرتبطة بالمحصول (مثل دليل الحصاد، ومعدل النمو البيولوجي الكلي، ومعدل نمو البذور) كانت مرتفعة بدرجة ملموسة. ولزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع.. يراجع Scully وآخرون (١٩٩١).

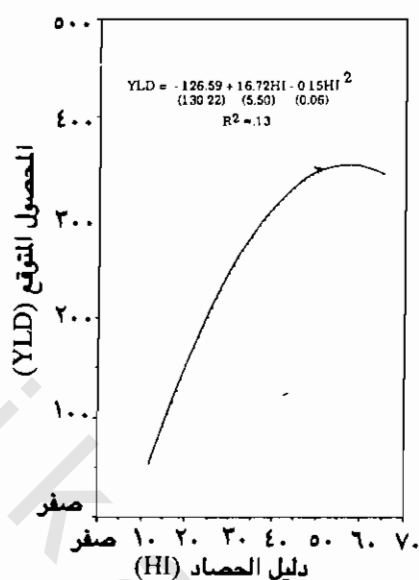
لقد وجدت اختلافات كبيرة في القدرة على البناء الضوئي بين صنفى الفاصوليا رد كدني Red Kidney، وميشيليت ٦٢ 62 Michellite، وتبين أن معدل تبادل غاز ثاني أكسيد الكربون في الضوء ومعدل التنفس في الظلام كان أعلى في الصنف ميشيليت ٦٢ منه في الصنف رد كدني. بينما كانت نباتات كلا الصنفين ونباتات الجيل الأول بينهما على درجة عالية من التجانس في كلا الصفتين.. فإن نباتات الجيل الثاني أظهرت اختلافات جوهرية، كذلك ظهرت اختلافات جوهرية في هاتين الصفتين بين سلالات الجيل الثالث، وبين النباتات في بعض سلالات هذا الجيل. وقد كانت درجة توريث كلتا الصفتين (معدل تبادل غاز ثاني أكسيد الكربون في الضوء ومعدل التنفس في الظلام) منخفضة (Wallace وآخرون ١٩٧٨).

وقد قيم Scully & Wallace (١٩٩٠) ١١٢ سلالة من الفاصوليا في ثمانى صفات ذات صلة بالمحصول، ووجدوا مدى واسعاً من الاختلافات - فيما بينها - كما يلي :

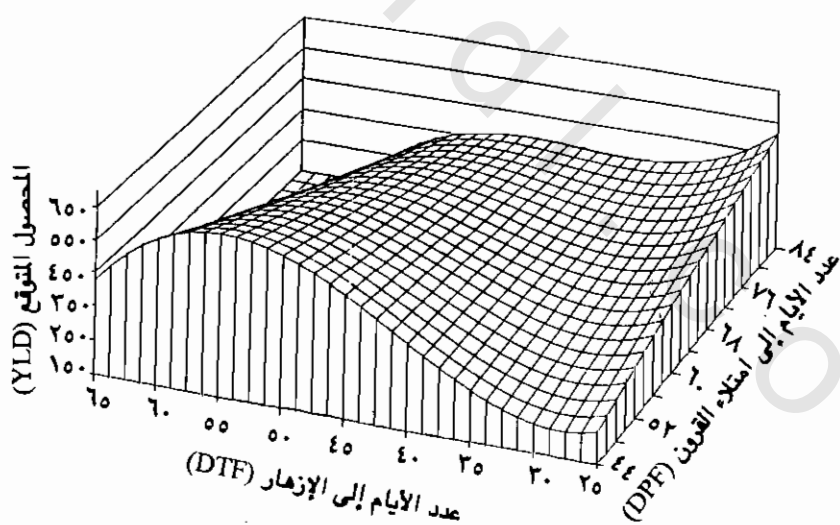
الصفة	العدد
الفترة من الزراعة إلى الإزهار	٢٥ - ٦٦ يوماً
فترة إمتلاء القرون	٤٤ - ٨٣ يوماً
الفترة من الزراعة إلى النضج	٧٠ - ١٣٣ يوماً
المحصول الاقتصادى	٨١ - ٥٨٧ جم/م ^٢
المحصول البيولوجى	٢٧٠ - ١٠٨٧ جم/م ^٢
دليل الحصاد	١٢٪ - ٦٥٪
معدل تكوين المحصول البيولوجى (المحصول البيولوجى/ عدد الأيام إلى النضج)	٣,٢ - ٩,٣ جم/م ^٢ /يوم
معدل تكوين البنور (محصول البنور/ فترة امتلاء القرون)	١,٢ - ٩,٥ جم/م ^٢ /يوم
معدل النمو الاقتصادى (محصول البنور/ الفترة من الزراعة إلى النضج)	٠,٦ - ٥,٧ جم/م ^٢ /يوم

ولقد وجد ارتباط خطى موجب بين المحصول وكل من: معدلات النمو، والمحصول البيولوجى، وفترة امتلاء القرون، ولكن المحصول البيولوجى ومعدلات النمو كان لها التأثير الأكبر على التباينات فى المحصول؛ حيث كان معامل ارتباطها (r^2) مع المحصول ٠,٧١ و ٠,٨٤ على التوالى. أما فترة امتلاء القرون فلم يكن تأثيرها ذا شأن فى الاختلافات المشاهدة فى المحصول؛ حيث كان الارتباط بين الصفتين ٠,٠٩. وقد كان أعلى محصول - تحت ظروف ولاية نيويورك الأمريكية - عندما كان الإزهار بعد ٤٨,٥ يوماً، والنضج بعد ١١٢,٢ يوماً من الزراعة، وعندما كان دليل الحصاد ٥٧,٢٪. وتوضح العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع فى شكل (٤ - ١)، وبين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار، وفترة امتلاء القرون فى شكل (٤ - ٢).

ويذكر Coyne (١٩٨٠) وجود اختلافات كبيرة بين أصناف الفاصوليا فى استجابتها للفترة الضوئية؛ الأمر الذى يؤثر فى طول الفترة التى تمر بين الزراعة والإثمار؛ وهو ما



شكل (٤ - ١) : العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع في الفاصوليا.



شكل (٤ - ٢) : العلاقة بين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار وفترة امتلاء القرون في الفاصوليا (عن Scully & Wallace 1990).

يؤثر - بالتالى - فى قوة النمو الخضرى للنبات عند الإزهار، وفى عدد العقد التى يمكن أن تتكون عندها الأزهار حال إزهار النبات، وتتأثر تلك الحساسية للفترة الضوئية بدرجة الحرارة.

ففى كولومبيا.. أمكن تأخير إزهار أصناف الفاصوليا الحساسة للفترة الضوئية - تحت ظروف الحقل - بزيادة فترة الإضاءة صناعياً؛ وصاحب ذلك زيادة المحصول بنحو ٥٠ ٪.

كما أن بعض أصناف الفاصوليا تغير طبيعتها نموها من غير المحدود الشجيرى indeterminate bush إلى المتسلق climbing بمجرد تعريضها للضوء الأحمر لمدة ١٥ دقيقة فى منتصف فترة الظلام، وأمكن إلغاء هذا التأثير للضوء الأحمر بتعريض النباتات للأشعة تحت الحمراء عقب تعريضها للضوء الأحمر مباشرة. ومن الواضح أن تلك الاستجابة للضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء هى من خلال صبغة الفيتوكروم Phytochrome.

وتبين أن الجين الذى يتحكم فى استجابة نباتات الفاصوليا للفترة الضوئية يختلف عن الجين المسئول عن تغير النمو النباتى من غير المحدود الشجيرى إلى المتسلق، ويمكن الاستعانة بالضوء أثناء فترة الظلام لتقييم النباتات للتعرف على مدى ثباتها فى طبيعة النمو.

البطاطا

لا يرتبط محصول البطاطا من الجنور بمعدل البناء الضوئى المقدر لعينة من أوراق النبات، وربما كان مرد ذلك إلى عدة أسباب؛ منها: اختلاف سلالات وأصناف البطاطا كثيراً فى كثافة نمواتها الخضرية، واختلاف الوضع النسبى لأوراق النبات الواحد؛ الأمر الذى يؤثر فى كفاءتها فى البناء الضوئى تحت الظروف الطبيعية، واختلاف وضع الأوراق المستخدمة فى قياس الصفة - تحت ظروف عملية تقدير معدل البناء الضوئى - عما يكون عليه تحت الظروف الطبيعية فى الحقل.. وقد تأكد ذلك من دراسات Bhagsari (١٩٩٠)،

والتي أوضحت وجود اختلافات كبيرة جدا بين أصناف وسلالات البطاطا في معدل البناء الضوئي، إلا أن تلك الاختلافات لم تكن مرتبطة بالمحصول. ومن ناحية أخرى.. كان المحصول - في هذه الدراسة - مرتبطاً بدرجة عالية وجوهرية بدليل الحصاد Harvest Index (محصول الجنور $\times 100$)، سواء أكان التقدير على أساس الوزن الطازج ($r = 0.91$)، أم على أساس الوزن الجاف ($r = 0.95$) للجنور.

أما دليل المساحة الورقية Leaf Area Index .. فقد كان أعلى من 5.0 - في معظم السلالات - حتى وقت الحصاد، ولكن ذلك كان على حساب نمو الجنور الخازنة. وبرغم وجود اختلافات بين السلالات في دليل المساحة الورقية.. فإن تلك الصفة لم ترتبط - بانتظام - بالمحصول.

وقد درس Bhagsari & Ashley (1990) الأساس الفسيولوجي للاختلافات في المحصول بين 15 صنفا وسلالة (تركيب وراثي) من البطاطا، ووجدا ما يلي:

١ - اختلفت التراكيب الوراثية - فيما بينها - جوهريا في دليل مساحة الورقة Leaf Area Index خلال المرحلتين المبكرة والمتأخرة للنمو، ولكن ارتباط تلك الصفة بالمحصول لم يكن ثابتاً.

٢ - تراوح صافي البناء الضوئي للورقة الواحدة من 0.74 إلى 1.12 مجم ثاني أكسيد كربون لكل م² في كل ثانية.

٣ - تراوح البناء الضوئي للنمو الخضري - ككل - من 0.81 إلى 1.16 مجم ثاني أكسيد كربون/ م²/ثانية في العام الأول للدراسة، ومن 0.63 - 0.88 مجم ثاني أكسيد كربون/ م²/ثانية في العام الثاني، وكانت تلك التباينات معنوية في السنة الأولى فقط.

٤ - تراوح معدل انتقال الغذاء المجهز من الأوراق - بعد أربع ساعات من معاملتها بالكربون ¹⁴C - من 21٪ إلى 46٪، ولكن هذه التباينات لم تكن معنوية.

٥ - تراوح دليل الحصاد من ٤٣٪ إلى ٧٧٪، ومن ٣١٪ إلى ٧٥٪ فى العامين الأول والثانى للدراسة، على التوالى.

٦ - كان صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى - ككل - فى شهر سبتمبر (قرب نهاية موسم النمو) مرتبطاً معنوياً بالوزن الجاف للجذور (معامل الارتباط $r = 0.54$) فى العام الأول للدراسة، وبالمحصول البيولوجى (معامل الارتباط $r = 0.60$) فى العام الثانى.

٧ - ارتبط كل من دليل الحصاد، والمحصول البيولوجى معنوياً بالمحصول الاقتصادى (محصول الجذور).

وقد توصل الباحثان من دراستهما إلى أن صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى - ككل - ربما كان أكثر خلال المراحل المتقدمة من تكوين الجذور (أعضاء التخزين)، وأن صافى البناء الضوئى للورقة الواحدة ليس دليلاً جيداً على المحصول المتوقع، خاصة عندما تختلف التراكيب الوراثية فى متوسط مساحة الورقة فى كل منها.

ويذكر McLaurin & Kays (١٩٩٣) أن النمو الخضرى للنباتات الزاحفة - مثل البطاطا - لا يتوقف بمجرد وصوله إلى النباتات المجاورة لها، وإنما يستمر النمو الجديد فى نفس المكان الذى يوجد فيه النمو القديم، وتكون أعناق أوراق النموات الجديدة أطول قليلاً لكى تصل بأصلها إلى الضوء، ويترتب على ذلك أن تتخفف شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق القديمة تدريجياً، وتتخفف معها قدرتها على البناء الضوئى، إلى أن تصبح عالية على النبات حينما يزيد ما يفقد منها بالتنفس عما تنتجه بالبناء الضوئى، ويصبح سقوط هذه الأوراق فى صالح النبات وزيادة المحصول. ويتميز بهذه الخاصية صنف البطاطا العالى المحصول Jewel الذى يفقد نحو ٦٠٪ من إجمالى الأوراق التى يكونها طوال الموسم - طبيعياً - قبل موعد الحصاد.

ويرغم أن نحو ٣٧٪ من المعادن والعناصر التى توجد فى أوراق النبات يتم انتقالها إلى أجزاء نباتية أخرى قبل سقوط الأوراق.. إلا أن فقد الأوراق لا يخلو من خسارة للنبات؛ حيث قدرت كمية المادة الجافة التى تفقد بهذه الكيفية بنحو ٢,٨ طناً للهكتار. ومع استمرار

تساقط الأوراق يزداد الطلب على الأوراق المتبقية (التي تتناقص مساحتها بالنسبة لإجمالي الوزن الجاف للنبات) لإدامة الأجزاء النباتية الأخرى؛ فيزداد ناتج البناء الضوئي الذي يفقد منها لأجل عمليات الإدامة والصيانة.

وقد وجد الباحثان من دراستهما على أربعة أصناف عالية المحصول من البطاطا أنها أسقطت خلال فترة حياتها - ولغير أسباب مرضية أو حشرية - نسبة عالية من أوراقها، وصلت حتى وقت الحصاد إلى ٤٥ - ٦٠٪ من جميع الأوراق التي كونتها. وقد وجد ارتباطاً موجباً عالياً بين سقوط الأوراق وبين كل من عدد النموات الخضرية، والعقد الساقية/نبات، والوزن الجاف الكلي، والوزن الطازج للجنور، وكذلك وزنها الجاف، والوزن الجاف للنموات الخضرية. وقدرت كمية المادة الجافة التي فقدت من جراء سقوط الأوراق من ١,٢ - ٢,٦ طناً للهكتار.

هذا .. ويذكر Collins وآخرون (١٩٨٧) أن درجات التورث المقدرة لمكونات المحصول على النطاق العريض تراوحت في البطاطا من ٠,٧٥ - ٠,٩٢ ..

ولمزيد من التفاصيل عن التقدم في جهود التربية لتحسين المحصول والأساس الفسيولوجي لذلك.. يراجع Wallace وآخرون (١٩٧٢)، و Frey (١٩٨١)، و Wilson (١٩٨١) بخصوص الموضوع بصورة عامة و Way وآخرون (١٩٨٣) بخصوص أشجار الفاكهة.

القسم الثاني

□ التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية

obeikandi.com

إن الغاية من التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية هي تحقيق ما يلي :

- ١ - تأمين استمرار وانتظام الإنتاج المحصولي من شتى الأنواع النباتية التي يحتاج إليها الإنسان بزراعة أصناف تتحمل التقلبات البيئية غير العادية، والانحرافات الحادة في العوامل البيئية التي تحدث أحياناً في مناطق إنتاج تلك المحاصيل، وهي التي تسودها - أصلاً - ظروف بيئية مناسبة للأنواع النباتية التي تزرع فيها.
 - ٢ - زيادة الإنتاج المحصولي من مختلف النباتات بامتداد زراعة تلك المحاصيل إلى مناطق تسودها ظروف بيئية غير مناسبة لها (سواء أكانت العوامل البيئية المحددة للإنتاج جوية، أم أرضية). ولا يتحقق ذلك إلا بزراعة أصناف قادرة على تحمل الظروف البيئية المتوقعة في تلك المناطق.
 - ٣ - تجنب التقلبات الموسمية في أسعار الحاصلات الزراعية (وخاصة من محاصيل الخضار)؛ بزراعة أصناف في غير مواسمها التقليدية تكون أكثر تحملاً للعوامل الجوية المتوقعة في المواعيد الزراعية الجديدة.
 - ٤ - الاستفادة من الأنواع النباتية التي تنمو برياً في الطبيعة في مناطق تسودها ظروف بيئية (جوية أو أرضية) قاسية باستئناسها لصالح الإنسان.
- وبرغم أن مسببات الأمراض (مثل: الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات، والميكوبلازما)،

والآفات (مثل: النيماتودا، والحشرات، والأكاروسات، والرخويات، والطيور، والنباتات المتطفلة) تعد من العوامل البيئية - باعتبارها عوامل بيولوجية - إلا أن التربية لمقاومتها احتلت مكاناً بارزاً في تربية النباتات، وتقدمت - كثيراً - عن غيرها من أهداف التربية الأخرى، كما أن لها مشاكلها الخاصة؛ لذا.. فقد أفردنا لها كتاباً خاصاً بها بعنوان: «تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات» (حسن ١٩٩٣). ويضم هذا الكتاب فصلاً كاملاً عن الأساس الفسيولوجي لمقاومة النباتات للأمراض تحت عنوان «طبيعة المقاومة للأمراض»، إضافة إلى شرح آخر مسهب عن طبيعة المقاومة للحشرات والأكاروسات.

مقدمات لتربية النباتات لتحمل الظروف البيئية القاسية

تعريف بالمصطلحات الهامة

يتطلب الفهم الصحيح لموضوعات هذا القسم الإلمام ببعض المصطلحات التي يشيع استخدامها في مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، نذكر - فيما يلي - بعضها .

التحمل أو القدرة على التحمل Tolerance: هي قدرة النبات على البقاء والنمو بشكل مقبول في وجود العامل البيئي القاسي أو العوامل البيئية القاسية المعنية. كما قد يتأثر النمو النباتي بالعامل البيئي، ولكن يبقى الإنتاج المحصولي (الجزء النباتي الذي يزرع من أجله المحصول) «مقبولاً» واقتصادياً. وترجع تلك الخاصية إلى تمتع النبات بصفات وراثية معينة.

أما الحساسية Sensitivity .. فهي شدة تأثر النبات بالعامل البيئي القاسي أو العوامل البيئية القاسية إلى درجة أنه قد يتوقف تماماً عن النمو، أو يموت، أو لا يكون العضو النباتي الاقتصادي الذي يزرع من أجله المحصول (مثل عدم عقد الثمار في الجو البارد، أو الجو الحار)، أو يُضار هذا العضو النباتي بشدة لدى تعرضه للعامل البيئي غير المناسب. ويشار إلى النبات الحساس أحياناً بأنه Intolerant، ولكن يفضل وصفه بأنه Sensitive.

هذا.. وتقاس الحساسية والقدرة على التحمل على مقياس واحد يمتد من شدة الحساسية إلى شدة القدرة على التحمل.

والتأقلم Adaptation مصطلح ليس له مكان في مجال التربية لتحمل العوامل البيئية القاسية؛ ذلك لأنه يعنى أحد أمرين: إما تأقلم فسيولوجى، وإما تأقلم وراثى طبيعى.

فأما التأقلم الفسيولوجى Physiological Adaptation.. فهو حدوث تغيرات فسيولوجية معينة فى النبات - لدى تعرضه لظروف بيئية معينة - تجعله أكثر قدرة على تحمل مزيد من الانحراف فى هذا العامل البيئى، أو غيره. ومن أمثلة ذلك التغيرات الفسيولوجية التى تطرأ على النباتات لدى تعرضها لعملية التقسية، أو الأكلمة Hardening، والتى تجعلها أكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة لها بعد الشتل. ومنها أيضاً زيادة قدرة ثمار محاصيل الجو الدافئ (مثل الطماطم، والباذنجان، والقرعيات) على تحمل التخزين فى الحرارة المنخفضة دون أن تُصاب بأضرار البرودة Chilling Injury إذا ما عُرِضت - فترة وجيزة - لحرارة مرتفعة قبل تخزينها فى الجو البارد (حسن ١٩٩٣).

وبرغم أن هذا التأقلم الفسيولوجى هو - فى حقيقته - وراثى؛ لأنه يتم عن طريق إنزيمات معينة يتحكم فى إنتاجها جينات معينة، إلا أنه لا يُصنّف على أنه تأقلم وراثى إلا بقدر كون جميع صفات النبات المورفولوجية، والتشريحية، والفسيولوجية هى - فى الأساس - صفات وراثية. كما أن هذا التأقلم الفسيولوجى ليس بطفرة وراثية تميز صنفاً أو سلالة معينة عن غيرها من أصناف أو سلالات نفس النوع النباتى، وإنما هو خاصية شائعة فى عدد كبير من الأنواع النباتية.

وأما التأقلم الوراثة Genetic Adaptation.. فهو - فى حقيقته - تطور وراثى داخل النوع الواحد يجعله أكثر تأقلماً مع الظروف البيئية السائدة فى المناطق التى ينمو فيها. ويحدث هذا التأقلم - أو التطور - بفعل الانتخاب الطبيعى Natural Selection الذى يُبقى على الطفرات الأكثر تحملاً لتلك الظروف البيئية. وما يهمنا من التأقلم الوراثة هو محصولته النهائية، ألا وهى صفة القدرة على تحمل العامل البيئى المعنى. أما عملية التأقلم ذاتها فهى جزئية من تطور النوع، وتتم - تلقائياً - فى الطبيعة، ولا دخل لتربية النبات بها.

يتبقى بعد ذلك مصطلحات يشيع استخدامها كثيراً في مجال التربية لمقاومة الأمراض والآفات - ومن أهمها: القابلية للإصابة Susceptibility، والمقاومة Resistance، والمناعة Immunity - ولكنها لا تناسب هذا المقام؛ أى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية.

فالقابلية للإصابة يُعنى بها عدم قدرة النبات على حماية نفسه من الإصابة بمسببات الأمراض (مثل: الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات)، والآفات (مثل: النيماتودا، والحشرات، والأكاروسات) التى يمكنها التطفل على النبات، والتكاثر عليه، وإحداث أضرار به. فإذا كانت تلك الأضرار شديدة - حتى مع المعدلات المنخفضة لتكاثر الآفة أو المسبب المرضى - كان النبات حساساً Sensitive. أما إن كانت الأضرار قليلة بالرغم من شدة تكاثر الآفة أو المسبب المرضى.. فإن النبات يكون قادراً على تحمل الإصابة Tolerant. وقد سبقت مناقشة هذين المصطلحين وذكرنا أنهما يقعان على مقياس واحد.

أما المقاومة فإنها تقع مع القابلية للإصابة على مقياس واحد، ويعنى بها قدرة النبات على حماية نفسه من الإصابة بمسببات الأمراض والآفات، التى تنخفض - قليلاً أو كثيراً - قدرتها على التطفل على النبات المقاوم، والتكاثر عليه؛ وبذا.. يقل - قليلاً أو كثيراً - الضرر الذى يحدث من جراء هذا التطفل، أو ذلك التكاثر.

ويتبين مما تقدم أن مقاومة النبات أو قابليته للإصابة يمكن أن تكون على مستويات مختلفة؛ فيوصف النبات بأنه شديد القابلية للإصابة، أو قابل للإصابة، أو متوسط القابلية للإصابة، أو متوسط المقاومة، أو مقاوم، أو مقاوم بدرجة عالية. فإذا وصلنا إلى الحالة التى لا يمكن فيها للآفة أو المسبب المرضى اختراق دفاعات النبات إطلاقاً.. فإن ذلك هو ما يعرف بالمناعة Immunity، ويكون النبات منيعاً.

وبرغم أن ظهور طفرات وراثية منيعة - فى نبات ما - ضد إحدى الآفات أو المسببات

المرضية - التى يشيع تطفلها على هذا النوع النباتى - يعد أمراً نادر الحدوث؛ إلا أن المناعة تعد أكثر شيوعاً - فى الطبيعة - من المقاومة؛ فلا يوجد نبات واحد قابل للإصابة بجميع مسببات الأمراض والآفات المعروفة، بل إن كل نبات لا يُصاب سوى بعدد محدود للغاية من بين تلك المتطفلات التى يتوفر منها عدة آلاف فى الطبيعة.

وإذا ما تمعناً فى مفهوم القابلية للإصابة، والمقاومة، والمناعة - على ضوء الشرح المتقدم - فإننا نجد أنها لا تصلح للاستعمال فى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية.. فأين التطفل؟ وأين التكاثر؟ وأين التفاعل والديناميكية التى يمكن بهما وصف النبات بالمقاومة، أو القابلية للإصابة؟ كما يتبين لأول وهلة أن مصطلح المناعة ليس له وجود فى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية. فلا يوجد نبات منيع ضد الانحرافات الحادة فى أى عامل بيئى، وهناك - دائماً - حدود لقدرة النباتات على تحمل الانحرافات فى العوامل البيئية.

ومع ذلك.. فكثيراً ما نقرأ عن مقاومة النباتات للملوحة، أو للحزارة العالية أو المنخفضة، أو لمبيدات الحشائش أو لإصابتها بالعيوب الفسيولوجية (غير المرضية)، أو مناعتها لتلك العيوب. ويرى المؤلف أن تلك الأوصاف قد تصلح - مجازاً - وقد تكون مفيدة لتقريب المعنى المطلوب لغير المتخصصين، ولكن يُفضل تجنب استعمالها فى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية؛ توكيلاً للدقة العلمية.

وبذا.. يتبين أن مصطلحى الحساسية والقدرة على التحمل هما أفضل المصطلحات التى يمكن استخدامها فى وصف تأثر النباتات بمختلف العوامل البيئية؛ فيوصف النبات بالحساسية إن كان تأثره كبيراً، وبالتحمل إن كان قليل التأثير، مع توصيف المصطلحين بالقلّة، أو التوسط، أو الشدة حسب الحالة.

طرق التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية

يتطلب نجاح برامج تربية النباتات أن تكون طرق التقييم المتبعة فيها - لآية صفة كانت -

سهلة وسريعة، بحيث يمكن إنجازها فى أقصر وقت ممكن، وبأقل جهد، وأقل تكلفة؛ ذلك لأن المربي يتعين عليه - غالباً - تقييم مئات - أو آلاف - من النباتات فى كل جيل من أجيال التربية. ويختلف المربي - فى هذا الشأن - عن غيره من الباحثين الذين تكون أعداد معاملاتهم - غالباً - محدودة، بما يسمح بأن تكون طرق التقييم التى يستخدمونها أكثر استنزافاً للوقت، والجهد، والمال، وربما كانت أكثر دقة.

ومن الطبيعى أن يكون هناك حد أدنى للدقة فى طرق التقييم المستخدمة فى برامج التربية، كما يجب أن تتوفر المرونة فى هذا الشرط؛ ففى بداية برامج التربية - حينما يقوم المربي بتقييم أولى لأعداد كبيرة من الأصناف والسلالات التى تتباين كثيراً فى الصفة موضوع الدراسة - فإن الحد الأدنى للدقة فى التقييم يكفى لتمييز السلالات عن بعضها فى تلك المرحلة. ومع تقدم برنامج التربية.. تقل - تدريجياً - التباينات المشاهدة، بما يتعين اللجوء إلى طرق للتقييم تكون أكثر دقة، ليتمكن تمييز النباتات - المختلفة وراثياً فى الصفات المقيمة - عن بعضها البعض. كذلك تقل - تدريجياً - أعداد النباتات والسلالات المقيمة مع تقدم التربية؛ الأمر الذى يسمح باتباع طرق أكثر تكلفة.

وغنى عن البيان أن توفر طرق دقيقة قليلة التكلفة - منذ البداية - يغنى عن تغيير طرق تقييم الصفات المرغوب فيها خلال برنامج التربية. وإذا لجأ المربي إلى طرق غير مباشرة للتقييم، كأن يستدل من وجود صفة ما فى النبات على الصفة المرغوب فيها - التى يتطلب ظهورها إجراء اختبارات خاصة - فإنه يتعين وجود ارتباط قوى بين الصفتين، ويتعين تحديد مدى قوة هذا الارتباط إحصائياً.

ويمكن إيجاز الطرق المتبعة فى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية فيما يلى :

١ - طرق غير مباشرة:

ومن أمثلتها ما يلى :

أ - تقييم المحصول فى الحقل مباشرة تحت الظروف البيئية القاسية المطلوب التربية لتحملها:

تتميز هذه الطريقة بكونها عملية وواقعية؛ لأن المنتج النهائى المرغوب فيه - وهو المحصول - يؤخذ فى الحسبان منذ البداية، ولكن يعيبها ما يلى :

(١) استنزافها لكثير من الوقت والجهد، لضرورة بقاء النباتات فى الأرض لحين حصادها.

(٢) ليست دقيقة، وقد تعطى نتائج خاطئة؛ لأن ارتفاع المحصول قد يرجع إلى عوامل وراثية خاصة بتلك الصفة، ولا علاقة لها بتحمل العوامل البيئية القاسية السائدة.

(٣) لا تفيد فى تمييز التراكيب الوراثية التى تتحمل العوامل البيئية القاسية لأسباب (صفات) مختلفة؛ بينما يكون ذلك مطلوباً ليتسنى تجميع تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد ربما يكون أكثر تحملاً للعوامل البيئية القاسية.

(٤) تكون الاختبارات الحقلية دائماً عرضة للتقلبات فى العوامل البيئية؛ الأمر الذى ربما لا يتحقق معه سيادة العامل أو العوامل البيئية المرغوب فى التربية لتحملها.

ب - التقييم بمعاملات خاصة للدلالة على مدى تحمل الانحراف فى عوامل بيئية معينة:

يجرى التقييم لتحمل العامل البيئى المعنى - فى هذه الحالة - بتعرض النباتات لمعاملات خاصة يكون تأثيرها مرتبطاً بمدى حساسية أو تحمل النباتات للانحراف فى هذا العامل البيئى. ولعل تأثير المعاملة بالإيثيفون يعد من أبرز الأمثلة فى هذا المجال.

استخدم Tripp & Wien (١٩٨٩) معاملة الرش ٢ - ٣ مرات بالإيثيفون بتركيز ٧٥ جزءاً - ٢٠٠ جزء فى المليون فى تقييم الفلفل لتحمل براعمه الزهرية للظروف البيئية القاسية - التى تؤدى إلى سقوطها - حيث أدت المعاملة إلى سقوط البراعم الزهرية - للأصناف الحساسة للحرارة العالية - بدرجة أكبر مما حدث فى الأصناف التى تتحمل الحرارة العالية. وربما

ترجع العلاقة بين العاملين (الحرارة العالية والإيثيفون) إلى أن الظروف القاسية - المتمثلة في الحرارة العالية - يترتب عليها إنتاج النباتات لتركيزات عالية من غاز الإيثيلين الذي يعد من الهرمونات المحفزة لتساقط الأعضاء النباتية، بينما تؤدي المعاملة بالإيثيفون إلى زيادة تركيز غاز الإيثيلين في النبات.

وفي دراسة تالية.. أكد Wein (١٩٩٠) أن الرش بالإيثيفون بتركيز ٧٥ أو ١٥٠ جزءاً في المليون - في غياب أية ظروف بيئية قاسية - يفيد كثيراً في تعرف التراكيب الوراثية الحساسة لهذه الظروف. كما وجد أن تظليل النباتات إلى درجة حجب ٨٠٪ من الضوء الساقط عليها يعطى النتيجة ذاتها، ولكن طريقة التظليل تميزت عن الرش بالإيثيفون بأنها قابلة للتطبيق في مدى أوسع من الظروف البيئية. وباستخدام أى من هاتين الطريقتين.. تمكن الباحث من تمييز ثلاثة أصناف أقل من غيرها تعرضاً لتساقط الأزهار والبراعم الزهرية، وهي: Ace و Canape و Belrubi.

كما استخدم الإيثيفون أيضاً - في إنجلترا - في تقييم الطماطم لمقاومة الملوحة العالية؛ حيث ارتبطت شدة الأعراض التي أحدثتها معاملة الإيثيفون بالحساسية للملوحة في جيرمبلزوم الطماطم.

٢ - طرق مباشرة :

ومن أمثلتها ما يلي :

أ - إجراء التقييم في حقول تتوفر فيها العوامل البيئية المرغوب في التقييم لتحملها، خاصة ما يتعلق منها بالعوامل الأرضية، مثل: ملوحة التربة، أو انخفاض أو ارتفاع الـ pH، أو مستوى العناصر إلخ. وقد يجرى التقييم في مناطق صناعية تسودها ملوثات معينة للهواء، أو في مناطق تتعرض - دائماً - لانحراف حاد في درجة الحرارة، سواء أكانت بالارتفاع، أم بالانخفاض.

يفضل في هذه الحالات إجراء التقييم للصفة المرغوب فيها مباشرة منفردة، أو مع

المحصول إن أمكن، ولكن لا يفضل التقييم للمحصول منفرداً؛ لأن ذلك قد يعنى احتمال انتخاب تراكيب وراثية لا لشيء إلا لكونها ذات كفاءة إنتاجية عالية.

ب - إجراء التقييم فى الصوبات (البيوت المحمية) :

تتشابه هذه الطريقة فى مميزاتها مع طريقة التقييم الحقلى السابقة، وتزيد عليها فى إمكانية السيطرة التامة على العوامل البيئية، واستمرار برنامج التربية فى غير المواسم العادية لنمو النباتات.

ج - إجراء التقييم فى المختبرات تحت ظروف متحكم فيها :

تسمح هذه الطريقة بالتقييم لصفات معينة ترتبط بالأساس الفسيولوجى للصفة الظاهرة للمربي؛ أى بصفة تحمل الظروف البيئية القاسية، كما تسمح بتمييز التراكيب الوراثية - التى تتحمل تلك الظروف - لأسباب مختلفة.

٣ - التقييم من خلال مزارع الأنسجة

يجرى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية عن طريق مزارع الأنسجة؛ حيث يتم عزل سلالات خلايا Cell Lines قادرة على تحمل تلك الظروف. وقد اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى مجالات التربية لتحمل الملوحة، ونقص العناصر، والتركيزات العالية من الألومنيوم (الذى يتوفر بتركيزات سامة فى الأراضى التى ينخفض فيها الـ pH كثيراً)، وكذلك فى الانتخاب لتحمل مبيدات الحشائش، وسموم المسببات المرضية.

ويتعين - بعد عزل سلالات الخلايا المرغوب فيها - تهيئة الظروف المناسبة لتمييز نباتات كاملة منها؛ ليتمكن إكثارها جنسياً أو خضرياً، واختبارها لتحمل الانحراف فى العامل البيئى المعنى تحت الظروف الطبيعية.

ومن أهم مزايا التقييم عن طريق مزارع الأنسجة ما يلى :

أ - إمكانية التحكم فى العوامل البيئية، بما فى ذلك مستوى الانحراف فى العوامل البيئية التى يُرغب فى التربية لتحملها.

ب - تقييم عدد كبير من الخلايا فى ظروف تامة التجانس.

ج - غياب التباينات - فى الصفات المعنية - التى ترجع إلى اختلافات مورفولوجية، أو إلى اختلافات فى مرحلة النمو النباتى؛ لأن التقييم يتم على المستوى الخلوى.

د - إمكان دراسة الأساس الفسيولوجى للصفات المقيمة على المستوى الخلوى.

ولكن التقييم عن طريق مزارع الأنسجة يعيبه ما يلى :

أ - ضرورة توفر التقنيات المناسبة لتمييز النباتات بشكل جيد من سلالات الخلايا المنتخبة؛ الأمر الذى لا يتوفر فى جميع الحالات، كما أن قدرة سلالات الخلايا على التميز تنخفض بشدة مع مرور الوقت.

ب - ربما لا تظهر الصفة المعنية فى النباتات الكاملة التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة.

ج - ربما لا تحتفظ النباتات الكاملة - التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة - بصفات الصنف الأصلى الذى أنتجت منه؛ بسبب ظهور طفرات - غير مرغوبة - فيها.

د - لا تفيد هذه الطريقة فى الانتخاب للصفات التى تعتمد على وظيفة مركبة لعضو نباتى، أو مجموعة من الأعضاء أو الأنسجة النباتية؛ مثل انتقال العناصر فى الجهاز الوعائى (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

أهداف التربية فى مجال تحمل الظروف البيئية القاسية

نتناول بالشرح - فى الفصول التالية - الأهداف التى يضعها المربى نصب عينيه عن التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، وهى :

١ - تحمل الانحرافات الحادة فى درجات الحرارة انخفاضاً، أو ارتفاعاً.

٢ - الاستجابة للفترة الضوئية السائدة.

٣ - تحمل المستويات العالية من الأملاح فى التربة ومياه الري.

٤ - تحمل الجفاف.

٥ - القدرة على النمو في الأراضي الغدقة، وهي التي تبقى مشبعة بالرطوبة لفترات طويلة.

٦ - تحمل الانحرافات الحادة في pH التربة انخفاضاً، أو ارتفاعاً، وتحمل نقص العناصر أو تيسرها إلى درجة السمية المترتبة على تلك الانحرافات.

٧ - القدرة على النمو الجيد في وجود مستويات منخفضة من العناصر الغذائية بصورة عامة، مع الاستجابة الجيدة للتسميد.

٨ - زيادة كفاءة العلاقة بين النباتات وكميتها تثبيت أوزون الهواء الجوي.

٩ - تحمل مبيدات الحشائش.

١٠ - تحمل المركبات التي تلوث الهواء الجوي Air Pollutants.

وسيكون محور الدراسة عند تناولنا لتلك الأهداف هو العامل البيئي المعنى، وما يتصل به من أمور؛ مثل: مصادر صفة القدرة على تحمل العامل البيئي، ووراثتها، وأساسها الفسيولوجي (طبيعتها)، وطرق التقييم التي اتبعت لإظهارها، وجهود التربية التي بذلت لإدخالها في الأصناف التجارية.

تحسين نوعية البذور

بالإضافة إلى الأهداف التي سبق بيانها، فإن المربي يهتم - كذلك - بتحسين نوعية البذور (من حيث كونها أعضاء تكاثر) لتكون أكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية أثناء إنباتها، كما يهتم بالتربية لإسراع إنبات البذور، لزيادة فرصة إفلاتها من الظروف البيئية غير المناسبة. وقد تجرى التربية لتحسين نوعية البذور بهدف محدد مثل زيادة قدرتها على الإنبات في الحرارة المنخفضة أو المرتفعة، وهو ما يدخل ضمن الفصول التالية، ولكن

الهدف من التربية لتحسين نوعية البذور قد يكون - كذلك - زيادة فرصة تحملها للظروف البيئية القاسية - بصورة عامة - وهو ما تتناوله بالشرح فى هذا الجزء، مع الاستعانة بأمثلة من الدراسات التى أجريت على محصولى الطماطم والفاصوليا فى هذا المجال.

إسراع إنبات البذور

يعد إسراع إنبات البذور - كما أسلفنا - وسيلة فعالة لتجنب احتمالات تعرضها لظروف بيئية غير مناسبة، ولتقصير الفترة التى تظل البذور معرضة خلالها لهذه الظروف إن وجدت.

لقد لوحظت اختلافات واضحة بين أصناف الطماطم فى سرعة إنبات بذورها. ووجد Whittington & Fierelanger (١٩٧٢) أن سرعة الإنبات صفة وراثية تتميز بما يلى:

١ - أغلب التأثير الجينى فيها إضافى.

٢ - تتأثر بالتركيب الوراثى للنبات الأم.

٣ - ترتبط إيجابياً بوزن البذرة.

كما تبين من دراسات Pet & Garretsen (١٩٨٣) وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى حجم بذورها؛ حيث ظهرت صفة البذور الكبيرة فى هجين الطماطم إكستيز Extase. ويستدل من دراستهما على أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية. وقد أكدت الدراسة أن البذور الكبيرة تنبت بسرعة أكبر من الصغيرة، وتنتج بادرات ذات أوراق فلقية أكبر حجماً، ونباتات أقوى نمواً. إلا أن تأثير حجم البذرة يختفى - غالباً - فى النباتات الكبيرة.

التخلص من غطاء البذرة شبه الصلد

تعرف البذور شبه الصلدة فى الفاصوليا بأنها البذور الجافة التى لا تمتص الماء خلال الأربع والعشرين ساعة الأولى من النقع فى الماء، ولكنها تكتسب الرطوبة - بسرعة - خلال ١٤ يوماً من وضعها فى جو ذى رطوبة نسبية مرتفعة، ويمكنها الإنبات بعد ذلك بصورة

طبيعية. ويتأخر إنبات البذور شبه الصلدة نحو ٢ - ٣ أيام؛ مما يؤدي إلى زيادة احتمالات تعرضها للظروف البيئية غير المناسبة وإلى عدم تجانس النضج؛ ولذلك أهمية كبيرة عند إنتاج الفاصوليا للتصنيع. وقد وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الفاصوليا في تلك الصفة (عن Morris ١٩٧١).

وفي دراسة أجريت على ٣٨٨ صنفاً من الفاصوليا.. تبين أن ٨٠٪ منها كان بها بنور صلدة بنسبة تراوحت من ١ - ٧٩٪. وبالتلقيح بين السلالات الخالية من البذور الصلدة والسلالات ذات النسبة العالية من البذور الصلدة.. كانت بنور الجيل الأول وسطاً بين الآباء، وظهرت كل الانعزالات الممكنة في الجيل الثاني؛ مما يدل على أن عدد الجينات الذي يتحكم في هذه الصفة قليل نسبياً (عن Copeland ١٩٧٦).

وفي دراسة أخرى وجد Dickson & Boettger (١٩٨٢) أن تلك الصفة يتحكم فيها عدة جينات مع سيادة غير تامة لصفة البذور غير الصلدة. وقد كانت هذه الصفة مرتبطة بصفة قوة نمو البادرات، وقدرت درجة توريثها - على النطاق الضيق - بنحو ٢٠ - ٥٠٪.

ويفضل دائماً أن تكون البذور نصف صلدة Semihard؛ لأن البذور التي تمتص الماء بسرعة شديدة تكون أكثر عرضة للإصابة بتشققات البذور؛ مما يؤدي إلى إنتاج بادرات غير طبيعية. وتميز البذور المرغوبة بنقع البذور (بعد تجفيفها سلفاً إلى ٦٪ رطوبة) في الماء لمدة ١٢ - ٢٤ ساعة مع ملاحظتها؛ للتخلص من السلالات التي تتشرب بذورها بالماء قبل مرور ١٢ ساعة، وتلك التي تبقى بذورها غير متشربة بالماء لمدة تزيد على ٢٤ ساعة، وهي التي تكون بذورها صلدة، بينما تكون السلالات التي تتشرب بذورها بالماء خلال ١٢ - ٢٤ ساعة نصف صلدة.

مقاومة تمزق قصرة البذرة

تعرف حالة تمزق قصرة البذرة في الفاصوليا باسم fish face، وهي تحدث عند نمو الفلقين بسرعة أكبر من سرعة نمو قصرة البذرة. تتعرض مثل هذه البذور للإصابة بالعفن في التربة بدرجة أكبر من البذور السليمة، كما يكون مظهرها غير مقبول، ويتم التخلص منها - غالباً - عند تنظيف البذور.

ولقد وجدت سلالات مقاومة لهذه الحالة، وسلالات أخرى لا تزيد فيها نسبة البنور المصابة - تحت الظروف المناسبة للنمو السريع للبذور - على ١٠٪، وتراوح نسبة البنور التي أصيبت بتمزق الغلاف البذري - في إحدى الدراسات - من ١,٥ إلى ٤٧,٦٪ في سلالات مختلفة.

وتوضح الدراسات الوراثية أن هذه الصفات يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة (عن Morris ١٩٧١)، وذو نفاذية تتراوح من ٢٥ - ٥٠٪ حسب موسم النمو (Dickson ١٩٦٩).

مقاومة الأضرار الميكانيكية

تلعب الأضرار الميكانيكية - التي تحدث بالبذور - دوراً كبيراً في مدى تحملها للظروف البيئية القاسية أثناء إنباتها، وكذلك تحمل البادرات الناتجة منها لتلك الظروف.

وتختلف أصناف وسلالات الفاصوليا في مدى مقاومة بنورها للإصابة بالأضرار الميكانيكية Mechanical Injuries عند استخلاصها وتداولها. وقد تراوحت نسبة الإصابة بالتشققات العرضية لفلقات البذور - في أصناف مختلفة - من صفر إلى ٤٨,٢٪ في إحدى الدراسات، ومن ٥ - ٩٤٪ في دراسة أخرى. كما وجدت المقاومة لهذا النوع من تشققات البنور في بعض سلالات الفاصوليا ذات القرون الشمعية، ونقلت إلى أصناف ذات قرون خضراء (عن Dickson ١٩٨٠).

وقد درس Dickson & Boettger (١٩٧٧) وراثية المقاومة لكل من الأضرار الميكانيكية والتشققات العرضية لفلقات البنور، وتوصلا إلى ما يلي :

أ - كانت المقاومة لكلا النوعين من الأضرار الميكانيكية كمية.

ب - كانت البذور الملونة أكثر مقاومة لكلا النوعين من الأضرار الميكانيكية من البنور البيضاء، إلا أنه أمكن الحصول على انعزالات ذات بذور بيضاء ومقاومة.

ج - قدرت درجتا التوريث على النطاقين العريض والضيق على التوالي: المقاومة للأضرار الميكانيكية: ٥٥ - ٧٩٪، و ٢٢ - ٧٣٪، والمقاومة للتشققات العرضية بالفلقات: ٥٣ - ٩٣٪، و ٢٢ - ٥٨٪.

د - أدى الانتخاب الشديد في الجيل التجميعي bulked الثالث إلى زيادة المقاومة لكل النوعين من الأضرار.

وفي دراسة أخرى.. تراوحت درجة توريث المقاومة للأضرار الميكانيكية - على النطاق الضيق - من ٢٦ - ٤٦٪ مع سيادة المقاومة، وتراوحت في دراسة ثالثة من ٢٧ - ٥٢٪، وكانت مرتبطة بمقاومة التشققات العرضية بفلقات البذور.

وقد وجد إن إزالة غطاء البذرة، ثم تشبع البذور بالماء يترتب عليه حدوث تشققات عرضية بالفلقات؛ مما يعنى إمكان الحد من هذه الظاهرة لتربية أصناف ذات غطاء بذري لا يسمح بالتمدد السريع للفلقات أثناء تشربها بالماء، إلا أنه لم توجد علاقة بين سمك الغطاء ومقاومة البذور للأضرار الميكانيكية. هذا.. وتقيم البذور لمقاومة الإصابة بالأضرار الميكانيكية عندما تتراوح نسبة الرطوبة بها من ٥ - ٨٪ (عن Dickson ١٩٨٠)، ويجرى الاختبار بإسقاط عينات من البذور عدة مرات من ارتفاع مترين على سطح صلب، ثم التعرف على البذور المصابة بالأضرار الميكانيكية - إما باختبار الإنبات العادى، وإما بالنقع لمدة ٢ - ٣ دقائق - بحيث تظهر تجعدات واضحة حول الشقوق، بينما لا تشبع البذور السليمة بالماء إلا بعد عدة ساعات.

وبخصوص طبيعة المقاومة للأضرار الميكانيكية.. لم يتوصل Eisinger & Bradford (١٩٨٦) إلى أية علاقة بين قابلية بنور الفاصوليا للإصابة بالتشققات العرضية بالفلقات وبين محتواها من أى من عنصرى الكالسيوم أو البوتاسيوم، ولكن الباحثين وجدوا ارتباطاً موجباً بين مقاومة التشققات ومحتوى البذور من عنصر المغنيسيوم. ونظراً لأن هذا الارتباط اعتمد - أساساً - على وجود اختلافات بين الأصناف فى محتوى بنورها من المغنيسيوم؛ لذا فربما لا يكون ذلك دليلاً على وجود علاقة سبب ومسبب حقيقية بين الصفتين .

تحسين قوة إنبات البذور

وجد ارتباط سالب بين درجة التوصيل الكهربائي بالماء الذي تتقع فيه بذور الفاصوليا، وبين قدرة هذه البذور على الإنبات في الظروف الحقلية غير المناسبة، لكن تلك العلاقة لم تتأكد تحت الظروف العملية لاختبارات الإنبات (عن Dickson ١٩٨٠).

مراجع عامة

نذكر - فيما يلي ذلك من فصول - المراجع التي تخص كل واحد من أهداف التربية التي يأتي شرحها. أما المراجع العامة.. فمن أبرزها في هذا المجال كل من: Christiansin & Lewis (١٩٨٢)، و Duke (١٩٨٢). وللتعمق في مجال تربية الفاكهة لتحمل مختلف العوامل البيئية القاسية.. يراجع Quamme & Stushnoff (١٩٨٣)، و Stushnoff & Quamme (١٩٨٣).

التربية لتحمل درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة

أولا : تحمل الحرارة المنخفضة

طرق التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة

تتنوع الطرق المتبعة فى تقييم النباتات لتحمل الحرارة المنخفضة حسب النوع النباتى، وحسب كون الهدف القدرة على الإنبات، أم النمو، أم العقد فى الحرارة المنخفضة، كما يلى:

١ - اختبارات القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة:

تجرى اختبارات التقييم للقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة تحت ظروف متحكم فيها ودقيقة فى المختبرات؛ حيث يتم قياس نسبة الإنبات - مباشرة - فى درجات الحرارة المرغوبة. كما يمكن إجراء التقييم تحت ظروف الحقل فى المواسم التى تسودها درجات الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للتقييم، مع تسجيل درجات حرارة التربة من الزراعة إلى حين انتهاء الاختبار. ويكون التقييم الحقلى أكثر واقعية، إلا أنه ربما لا ينجح بسبب التقلبات الجوية التى قد تؤدى إلى سيادة درجات حرارة شديدة الانخفاض، أو معتدلة - ومناسبة للإنبات - خلال فترة الاختبار.

٢ - اختبارات النمو في الحرارة المنخفضة وتحمل الصقيع :

يؤدي بقاء نباتات المواسم الدافئة في درجات الحرارة المنخفضة (من ٢ - ١٢م) لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التي يسبق - أو يصاحب - ظهورها تغيرات فسيولوجية؛ أهمها: نقص معدل التنفس والبناء الضوئي، وبطء الحركة النورانية للسيتوبلازم، وحوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذيتها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا. كما تضار نباتات المواسم المعتدلة والباردة بطريقة مماثلة لدى تعرضها للصقيع، أو لحرارة قريبة من الصفر المئوي لفترة طويلة.

ويتطلب تقييم تحمل النباتات للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة التحمل لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التي تحدثها البرودة؛ حيث يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الحساسية قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة؛ وبذا.. يمكن الإسراع في عملية التقييم، مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار..

وتجرى اختبارات التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة إما مباشرة بقياس معدل النمو النباتي في المجال الحراري المرغوب فيه، وإما بانتخاب سلالات خلايا Cell Lines من مزارع أنسجة تعرض لحرارة منخفضة، وإما بطرق غير مباشرة تسجل فيها قياسات ترتبط بقدرة النباتات على تحمل البرودة؛ مثل :

- أ - الضرر الذي يحدث للأغشية الخلوية لدى تعرضها للبرودة، والذي يتمثل في زيادة نفاذيتها، وتسرب الأيونات منها - ومن الأنسجة النباتية بصورة عامة - بمعدلات عالية.
- ب - التغيرات الكيميائية التي تحدث في المواد الكربوهيدراتية، والأحماض الأمينية، وال ATP.

- ج - الزيادة في الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة في حامض اللينوليك Linolenic Acid.

د - التغيرات التي تحدث في الكلوروفيل (عن Christiansen ١٩٧٩).

٣ - اختبارات القدرة على العقد في الحرارة المنخفضة :

تجرى اختبارات التقييم لقدرة الثمار على العقد في الحرارة المنخفضة - عادة - من خلال أحد أربعة محاور :

أ - قياس نسبة العقد الطبيعي في ظروف الجو البارد، الذي تنخفض فيه درجة الحرارة إلى مستوى لا يناسب عقد الثمار.

ب - قياس كمية أو حيوية حبوب اللقاح المنتجة في الحرارة المنخفضة.

ج - إحداث العقد بحبوب اللقاح التي تتحمل الحرارة المنخفضة، بإنتاجها في حرارة منخفضة، ثم استخدامها في تلقيح أزهار النباتات المرغوب فيها في حرارة منخفضة، أو معتدلة. وتعتمد هذه الطريقة على أمرين؛ هما:

(١) لا تضار - عادة - أعضاء التأنث في الأزهار عند تعرضها للحرارة المنخفضة بنفس القدر الذي تضار به أعضاء التذكير.

(٢) نجد - حسب قانون هاردي/ فينبرج - أن حبوب اللقاح تُنتج بالنسبة العالية q ، مقارنة بالنسبة المنخفضة لتواجد النباتات المنتجة لها q^2 .. فلو كانت $q = ١$ ، فإن $q^2 = ١$ ، $٠,١$ ، $٠,٠١$.

د - قياس قدرة الثمار على العقد البكرى في ظروف الحرارة المنخفضة غير المناسبة للعقد الطبيعي.

جهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة

نستعرض - فيما يلي - الجهود التي أجريت في مجال التربية لتحمل الحرارة المنخفضة -

فى عدد من المحاصيل الزراعية - سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجى للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثةها. ونقدم هذا العرض فى المجالات الثلاثة لهذا الموضوع؛ وهى: إنبات البذور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

ترجع أهمية التربية لتحسين إنبات البذور فى درجات الحرارة المنخفضة إلى أن ذلك يساعد على ما يلى :

- إمكانية الزراعة مبكراً فى شهر يناير، دونما حاجة إلى تدفئة المشاتل لتشجيع الإنبات.
- تجانس الإنبات؛ ومن ثم.. تجانس النضج فى حقول الحصاد الآلى التى تزرع بالبذور مباشرة؛ الأمر الذى يزيد من كفاءة عملية الحصاد (عن De Vos ١٩٨١).

ونتناول الموضوع - فيما يلى - من حيث التباينات فى الصفة، ووراثةها، وطبيعتها.

أولاً : التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

قام Scott & Jones (١٩٨٢) بمقارنة ١٨ سلالة تنمو برياً فى الجبال على ارتفاعات كبيرة - حيث تكون الحرارة منخفضة - وتمثل خمسة أنواع من الجنس *Lycopersicon*، مع ١٩ سلالة من الطماطم تتميز بقدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، وتوصل الباحثان إلى النتائج التالية :

- ١ - أظهرت سلالة الطماطم P.I. 120256 (وهى أهم سلالات الطماطم المعروفة بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة، مقارنة بجميع سلالات الطماطم الأخرى؛ حيث أنبتت ٣٠٪ من بذورها خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠م؛ وتساوت فى ذلك مع السلالة P.I. 126435 من النوع البرى *L. peruvianum*.

٢ - أنبتت السلالة LA 460 من النوع البري *L. chilense* بنسبة ١٠٠٪ خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠م، علماً بأن صفات ثمارها ليست أسوأ حالاً من أكثر سلالات الطماطم قدرة على الإنبات في الحرارة المنخفضة التي تبرز من ثمارها خطوط خضراء متعرجة. ويبين جدول (٦ - ١) مقارنة بين السلالتين في القدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة، كما تميزت السلالة البرية بأن نموها الجذري كان أطول كثيراً من سلالة الطماطم خلال أيام قليلة من بدء الإنبات.

جدول (٦ - ١) : مقارنة بين السلالتين *L. esculentum* P.I 120256 و *L. chilense* L.A. 460 من حيث قدرة بنورهما على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة.

النسبة المئوية للإنبات في السلالة		معاملة الإنبات
L A 460	P.I 120256	
١٠٠	٤٠	١٠م لمدة ١٤ يوماً
٩٩	قليل جداً	٩م لمدة ١٤ يوماً
٤٠	صفر	٨م لمدة ١٤ يوماً
١٠٠	صفر	٨م لمدة ٢٠ يوماً

٣ - أظهرت السلالات البرية التالية قدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة:

L. peruvianum P.I. 127831, LA 1474 & P.I 127832.

L. hirsutum P.I. 127826 & LA 386.

كما اختبر Michalska (١٩٨٥) ٣٥ سلالة من النوع *L. esculentum*، وواحدة من *L. pimpinellifolium*، و٩ من *L. hirsutum*، وواحدة من *L. glandulosum* للقدرة على الإنبات في حرارة ٥م، ووجد أن خمساً منها قادرة على الإنبات في هذه الظروف؛ وهي :

L. esculentum P.I. 341985, P.I. 341988 & P.I. 341994.

L. hirsutum P.I. 127827, & LA 386.

ثانياً : وراثية قدرة البذور على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة:

أجريت عدة دراسات على وراثية صفة القدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة، تبين منها أن هذه الصفة متنحية، وذات درجة توريث مرتفعة، ويتحكم فيها من ١ - ٣ أزواج من الجينات. فقد وجد أن الصفة يتحكم فيها جين واحد في سلالة الطماطم P.I. 341984، وثلاثة أزواج على الأقل في سلالة الطماطم P.I. 341985؛ كما وجد Cannon وآخرون (١٩٧٣) أن قدرة سلالة الطماطم P.I. 341988 على الإنبات في حرارة ١٠°م يتحكم فيها جين واحد متنح. وأظهرت دراسات Ng & Tigchelaar (١٩٧٣) أن هذه الصفة يتحكم فيها ٣ - ٥ أزواج من العوامل الوراثية المتنحية، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٩٧٪ على النطاق العريض، و٦٦٪ على النطاق الضيق.

كذلك تبين من دراسات De Vos وآخرين (١٩٨١) على ٧ سلالات وأصناف من الطماطم تتباين في قدراتها على الإنبات في حرارة ١٠°م - وهي P.I. 120256، و P.I. 341985، و P.I. 341988، و P.I. 280597، و Kanatto، و Nova، و Early Red Rock - أن هذه الصفة متنحية جزئياً، ويكون فيها التأثير الأمي والتأثير الإضافي جوهريين، بينما يكون التفاعل غير الأليلي قليل الأهمية. وقدرت الدراسة درجة توريث الصفة بنحو ٨٥٪ على النطاق العريض، و٦٩٪ على النطاق الضيق.

وأخيراً.. أظهرت دراسات Michalska (١٩٨٥) أن صفة قدرة بذور سلالة الطماطم P.I. 341985 على الإنبات في حرارة ١٠°م يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، مع احتمال وجود بعض الجينات المحورة.

ثالثاً : طبيعة القدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة:

لا ترجع القدرة على الإنبات - في درجة الحرارة المنخفضة - إلى قدرة خاصة للنمو في هذه الظروف. فبمقارنة سلالة الطماطم P.I. 341985 القادرة على الإنبات في ١٠°م بالصنف سننتيال Centennial الذي لا تتوفر به هذه الصفة، وعدد من سلالات الجيل الرابع - للتلقيح بينهما - التي تختلف في هذه الخاصية.. كانت جميعها متشابهة في معدل نمو الجذير عند هذه الدرجة.

وقد أدى نقع البذور في محلول لنترات البوتاسيوم وفوسفات أحادي البوتاسيوم، بنسبة ٨،٨٪ لكل منها، لمدة ١ - ٨ أيام إلى تحسين الإنبات في كل من السلالة P.I. 341985،

والصنف سنتيال على حرارة ١٠م، إلا أن التحسن في إنبات الصنف لم يصل إلى مستوى الإنبات في السلالة؛ أي إن التأثير البيئي لم يرق إلى مستوى التأثير الوراثي.

ويبدو أن عدم القدرة على الإنبات في حرارة ١٠م يرجع - جزئياً - إلى أن البرودة تحفز البذرة على تكوين مواد مانعة للإنبات. وقد أدت إضافة الكربون المنشط activated carbon إلى بيئة إنبات البنور إلى تحسين الإنبات في حرارة ١٠م بالنسبة للسلالات غير القادرة - أصلاً - على الإنبات في تلك الدرجة، بينما لم يكن لهذه المعاملة أى تأثير على السلالات القادرة على الإنبات في حرارة ١٠م (Maluf & Tigchelaar ١٩٨٢).

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بنور سلالة الطماطم P.I. 341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بنور نفس السلالة والسلالات الأخرى الحساسة للبرودة، بينما كان الماء الذى نقعت فيه بنور الصنف رد روك Red Rock (الحساس للبرودة) مثبطاً لإنبات بنور نفس الصنف والسلالة المقاومة للبرودة في درجات الحرارة المنخفضة (Abul-Baki & Stoner ١٩٧٨).

ويذكر أنه قد تحدث تغيرات في الأغشية الخلوية للأصناف الحساسة للبرودة لدى تعرضها لدرجات حرارة منخفضة. كما وجد Maluf & Tigchelaar (١٩٨٠) أن القدرة على الإنبات في حرارة ١٠م في سلالة الطماطم P.I. 341985 ترتبط بزيادة في نشاط إنزيم بيروكسيديز Peroxidase خلال الأيام العشرة الأولى للإنبات عند هذه الدرجة.

وفى دراسة أخرى أجريت على عدد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines - التى تتفاوت فقط في قدرتها على الإنبات في حرارة ١٠م - قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بنور هذه السلالات من الأحماض الدهنية، ووجد الباحثان أن قدرة البنور على الإنبات في حرارة ١٠م ترتبط سلبياً بمحتواها من حامض الأوليك Oleic acid (معامل الارتباط $r = 0.81$ ، وجوهري جداً)، وإيجابياً بمحتواها من حامض اللينوليك linoleic acid (معامل الارتباط $r = 0.71$ ، وجوهري جداً)، ولم يتأثر محتوى البنور من الأحماض الدهنية بفترة الحضانة على ١٠م؛ كما تشابه محتوى الأحماض الدهنية في البنور كلها مع محتوى الأحماض الدهنية في الأغشية الخلوية.

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة في حامض اللينوليك في السلالات القادرة على الإنبات في حرارة ١٠م كانت مماثلة لنسبة النقص في حامض الأوليك (معامل الارتباط r

لنسبة الحامضين = ٠,٧٩ وجوهري جداً). واقترح الباحثان أن الجينات المسؤولة عن قدرة البنور على الإنبات - في درجات الحرارة المنخفضة - تؤدي إلى زيادة حالة عدم تشبع حامض الأوليك إلى حامض اللانوليك أثناء تكوين البنور.

الفلفل

تتباين أصناف الفلفل التابعة للنوع *Capsicum baccatum* var. *pendulum* في سرعة إنبات بنورها في درجات الحرارة المنخفضة. ووجد Randle & Honma (١٩٨٠) أن صفة الإنبات البطيء - تحت هذه الظروف - سائدة جزئياً على الإنبات السريع، ويتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافي مع تأثير سيادة.

الخيار

توجد سلالات من الخيار تنبت بنورها بسرعة أكبر من غيرها في درجات الحرارة المائلة إلى البرودة. ووجد Wehner (١٩٨٤) أن درجة توريث سرعة إنبات البنور في حرارة ١٧م تراوحت من ٠,٤٤ - ٠,٦١.

الفاصوليا

قام Kooistra (١٩٧١) بتقييم عدد من أصناف الفاصوليا والأنواع الأخرى، ووجد أن أعلى قدرة على الإنبات في الحرارة المنخفضة كانت في صنف الفاصوليا Comtesse de Chambord، وفي النوعين *Phaseolus coccineus*، و *P. trilobus*.

وفي دراسة أخرى.. قيم Austin & MacLean (١٩٧٢) ٣٠٥ أصناف وسلالة من الفاصوليا، ووجد أن ٤٦ منها ذات قدرة جيدة على الإنبات في درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٠,٥م. كما أمكن التعرف على سلالات من الفاصوليا، قادرة على الإنبات في حرارة ١٠م، والنمو في حرارة ١٣-٧م، وسلالات أخرى يمكن لبنورها أن تبقى في التربة الباردة دون أن تتعفن إلى أن ترتفع درجة الحرارة إلى المجال المناسب للإنبات (عن Morris ١٩٧١).

وقد لخص Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أهم مصادر القدرة على الإنبات في الفاصوليا - في الحرارة المنخفضة - كما يلي :

أ - الصنفان Comtesse de Chambord، و Widuse: تنبت بنورها جيداً في درجة حرارة ٩ - ١٠م، لكنهما تفقدان نموها في حرارة ١٠م.

ب - السلالة 92 BBL: تنبت بنورها في حرارة ٨ - ٩م على ورق الإنبات فقط، لكن إنباتها يكون رديئاً إذا تعرضت - تحت ظروف الحقل - لدرجة الحرارة المنخفضة فترة طويلة.

ج - السلالتان NY 5-161، و NY 590: تنبت بنورهما جيداً في حرارة ٩,٥ - ١٠م، وتنموان جيداً في درجات الحرارة المنخفضة.

كما يُذكرُ (J.Amer. Soc. Hort. Sci. - مجلد رقم ١١١ لسنة ١٩٨٦) أن سلالة الفاصوليا BS - P.I. 165426 (من المكسيك) تعد أفضل من معظم الأصناف التجارية؛ من حيث قدرة بنورها على الإنبات في الأراضي الباردة الرطبة.

وقد أوضح Dickson (١٩٧١) أن قدرة بنور الفاصوليا على الإنبات - في حرارة ١٠م نهاراً، و٨م ليلاً - ترتبط غالباً بصفة البنور الملونة، وهي التي كانت أقل تعرضاً للعفن في التربة من البنور غير الملونة. كما وجد أن صفة القدرة على الإنبات في الحرارة المنخفضة كمية، وقدرت درجة توريثها بنحو ٢٥٪.

كذلك بينت دراسات Dickson (١٩٨٠) أن نسبة الإنبات في الحرارة المنخفضة في كل من البنور الملونة والبنور الصغيرة الحجم أفضل منها في البنور البيضاء، أو الكبيرة الحجم.

نمو النباتات

الطماطم

من الوسائل الكمية التي استخدمت في تقييم مقاومة نباتات الطماطم للبرودة قياس مدى استشعاع الكلوروفيل Chlorophyll Fluorescence؛ نظراً لما تحدثه البرودة من تأثيرات في المحتوى الكلوروفيلي في السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧). وقد استخدم هذا الاختبار بواسطة Walker & Smith (١٩٩٠) في تقييم تحمل البرودة في الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ حيث وجد أن نسبة الاستشعاع المبدئية (F_0) إلى الاستشعاع المقدر بعد التعرض لمعاملة الحرارة المنخفضة (F_p) تزيد بزيادة الحساسية للبرودة (كما في الصنفين H2653، و H722)، بينما تبقى النسبة منخفضة في التراكيب الوراثية التي تتحمل البرودة (كما في النوع البري *Solanum lycopersicoides* والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسي Sub-Arctic Maxie، الذي لم تظهر به سوى أضرار قليلة من جراء التعرض لمعاملة البرودة). وتمشياً مع تلك النتائج.. تباينت نسبة F_0 إلى F_p في ٢٥

سلالة من الجيل الثاني للتلقيح الرجعي الثاني (إلى السلالة H722) للهجين *L. hirsutum* x H722؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها في الأبوين (البري والمزروع)؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع *L. hirsutum*.

وفي مجال التقييم لتحمل البرودة.. اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات في الحرارة المنخفضة P.I.341988، والصنف الحساس للبرودة UC82. كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية - في موطنها الأصلية - على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر؛ ولذا.. افترض تحملها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد في هذه الارتفاعات؛ وهي كما يلي :

L. hirsutum LA 1363 & LA 1777

L. chilense LA 1969 & LA 1971

Solanum lycopersicoides LA 1964

وقد استخدم الباحثون في دراستهم عدة اختبارات، وكانت النتائج كما يلي :

١ - أنبتت بذور سلالة الطماطم P.I. 341988 أسرع من الصنف يوسى ٨٢ وسلالات الأنواع البرية في حرارة أعلى من ١٠م، وتوقف إنباتها تقريباً في حرارة ١٠م، بينما استمرت السلالات البرية في الإنبات ببطء على حرارة أقل من ١٠م.

٢ - زاد معدل النمو في سلالات الأنواع البرية عما في الصنف يوسى ٨٢ عندما خفضت درجة الحرارة من ٢٤/٨م (نهار/ليل) إلى ١٢/٦م (نهار/ليل).

٣ - أدى تعريض الأوراق لحرارة ٨م إلى انخفاض استتبع الكوروفيل، ولكن النقص كان أكبر في الصنف الحساس للبرودة يوسى ٨٢، مقارنة بالأنواع البرية.

هذا.. ويمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو في درجة الحرارة المنخفضة؛ كأساس لتقييم تحمل البرودة. ويمكن - في هذا الاختبار - اتخاذ الفترة الزمنية - التي تمر بين تكوين ورقتين متاليتين - دليلاً على مدى تأثر النمو النباتي بالبرودة.

وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات - من التهجين الرجعي الثاني للطماطم - مماثلة في مقاومتها للبرودة لسلالة النوع *L. hirsutum* التي استخدمت في التلقيح الأصلي. واعتمد الباحثان في ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين

الأوراق الحقيقية الأولى عند تعرضها يومياً لحرارة ٨م ليلاً (لمدة ١٦ ساعة)، و٢٠م نهاراً (لمدة ٨ ساعات). وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريباً من السلالة البرية أو مماثلاً لها في صفة القدرة على تحمل البرودة؛ وهو ما يعنى إمكان استخدام حرارة الليل المنخفضة كوسيلة غير قاتلة لاختبار مدى مقاومة النباتات للبرودة، خاصة أن صفة القدرة على تحمل البرودة قد تطورت في مثل هذه السلالات البرية أثناء نموها في ظروف يسود فيها الجو البارد ليلاً والمعتدل نهاراً.

ومن جهة أخرى.. فقد تبين من دراسات Maisonnewe وآخرين (١٩٨٦) أن الانتخاب للقدرة على تحمل البرودة (٥م نهاراً / ٨م ليلاً) لم يكن فعالاً عندما أجرى على أساس اختبار مدى تحمل حبوب اللقاح لهذه الظروف.

هذا.. ويبدو واضحاً من الدراسات - التي أجريت على السلالات البرية التي تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة في جبال الإنديز - أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين، هما :

١ - بطء تحلل الكلوروفيل فيها عند تعرضها لظروف الليل البارد.

٢ - سرعة تعويض الكلوروفيل المفقود منها ليلاً بمجرد تعرضها لضوء النهار.

كما يبدو أن تأقلم هذه النباتات على الحرارة المنخفضة يتمشى مع النظام الحرارى السائد في مناطق انتشارها، الذى تنخفض فيه الحرارة ليلاً إلى الصفر المئوى، بينما ترتفع نهاراً إلى ٢٠م؛ وعليه.. فإن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات تتحمل البرودة هى تعريض النباتات لظروف مماثلة، وليس لدرجة حرارة منخفضة ثابتة (Patterson ١٩٨٨).

أما عن مصادر القدرة على تحمل البرودة فى الجنس *Lycopersicon*.. فقد وجدت - أساساً - فى بعض سلالات النوع البرى *L. hirsutum*، وخاصة تلك التى وجدت نامية على ارتفاعات شاهقة فى موطنها الأصلية. فمثلاً.. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع *L. hirsutum* - وهى التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر على جبال الإنديز - ذات قدرة عالية على تحمل البرودة؛ وظهر ذلك فى عدة صور كما يلى :

١ - أنبتت بنورها فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢ - أمكنها إكمال دورة حياتها فى ظروف انخفضت فيها درجة الحرارة الصغرى - غالباً - عن ٤م.

٣ - تكون فيها الكلوروفيل - أثناء تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة - بصورة أفضل مما في السلالات الأخرى.

٤ - كانت حركة السيتوبلازم الدورانية فيها - أثناء تعرضها للحرارة المنخفضة - أسرع مما في السلالات الأخرى.

٥ - بينما يتغير لون نباتات الطماطم العادية إلى اللون الأسود - إذا عرضت النباتات للظلام لمدة ٢٤ ساعة في حرارة ١٠°م - فإن نباتات هذه السلالة لم تتأثر بهذه الصورة. وقد نمت بصورة جيدة في نظام حراري ١٢/٥°م (نهار/ليل).

كذلك تتوفر صفة تحمل البرودة في السلالة LA 1363 من *L. hirsutum*، والسلالة LA 1969 من *L. chilense*، وكلاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر في جبال الإنديز، ونمت - بشكل جيد - في ظروف حرارية ٢٠/٢°م (نهار ٨ ساعات/ ليل ١٦ ساعة)، بينما لم تكون الطماطم أوراقاً حقيقية تحت هذه الظروف.

وفي سلسلة من البحوث المنشورة - قدم لها Smeets & Hagenboom (١٩٨٥) - أجريت دراسة موسعة عن الاختلافات بين أصناف الطماطم في الصفات الفسيولوجية ومدى إمكانية الاستفادة من هذه الصفات أو بعضها في التربية للقدرة على النمو والعقد والإثمار الجيد في ظروف الحرارة المنخفضة؛ بهدف تربية أصناف جديدة تصلح للزراعة في هذه الظروف. ويذكر الباحثان - استناداً إلى دراسات أخرى سابقة - أن خفض درجة حرارة البيوت المحمية بمقدار درجة أو درجتين أو ثلاث درجات أو أربع درجات مئوية يوفر في تكاليف التدفئة - تحت ظروف هولندا - بمقدار ٨٪، و١٢ و١٥٪، و٢٢٪، و٢٧٪ على التوالي؛ وعليه بدأت الدراسة بتقييم ١٦ صنفاً من الطماطم للصفات التالية تحت ظروف الحرارة المنخفضة: معدل النمو النسبي *Relative Growth Rate*، والكفاءة التمثيلية *Net Assimilation Rate*، ونسبة المساحة الورقية *Leaf Area Ratio*، ووزن الأوراق الطازج *Specific Leaf Weight*، ونسبة وزن الأوراق *Leaf Weight Ratio*، وصافي البناء الضوئي *Net Photosynthesis*، والتنفس الظلامي *Dark Respiration*، ومقاومة الثغور *Stomatal Resistance*، ومحتوى النبات من كل من السكريات، والنشا، والنترات، والنيتروجين المختزل، والفوسفور، والبرولين.

وتلا ذلك دراسة وراثية هذه الصفات - تحت ظروف الحرارة المنخفضة - باختبار تلقحيات

دايلل Diallel Crosses بين الستة عشر صنفاً. وكان من نتائج هذه الدراسة أن وجدت اختلافات واضحة بين الأصناف - تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً والإضاءة الضعيفة نهاراً - فى كل من صافى البناء الضوئى، والتنفس الظلامى (Van de Dijk & Maris ١٩٨٥)، ومقاومة الثغور، ووزن الأوراق الطازج؛ حيث بدا أن الأصناف ذات الوزن الورقى الأقل كانت أكثر تأقلاً (Van de Dijk ١٩٨٥).

وعن وراثية القدرة على تحمل البرودة.. وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) - من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى، والنوع *S. lycopersicoides* - أن تلك الصفة سائدة، وليست سيتوبلازمية.

الفلل

أمكن الحصول على سلالات خلايا Cell Lines من الفلل قادرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة بالانتخاب فى مزارع الأنسجة. ويتم الانتخاب للصفة على أساس قدرة الخلايا المفردة على البقاء والتكاثر بعد تعريض تجمعات الخلايا، أو أجزاء الكالوس لدرجات حرارة منخفضة.

وأوضحت الدراسات - التى أجريت على معدلات التنفس فى سلالات خلايا حساسة وأخرى تتحمل البرودة - وجود اختلافات بينها مماثلة لتلك التى توجد بين الأنواع النباتية التى تتفاوت فى حساسيتها للبرودة (Dix ١٩٨٠).

البطاطس

قسم Richardson & Weiser (١٩٧٢) درجة تحمل الصقيع Frost Tolerance فى ٥٧ نوعاً من الجنس *Solanum* إلى المجموعات التالية :

١ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٥م وربما إلى أقل من ذلك، وهى :

S. acaule

S. chomatophilum

S. commersonii

S. x juzepczukii

S. multidissectum

٢ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٤ إلى -٥م، وهي :

S. ajanhuiri

S. x curtilobum

S. demissum

S. megistacrolobum

S. microdontum

S. vernei

٣ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٣ إلى -٤م، وعددها ٢٤ نوعاً منها:

S. tuberosum ssp. andigena

٤ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٢ إلى -٣م، وعددها ١٦ نوعاً.

٥ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -١ إلى -٢م وعددها ٦ أنواع، منها:

S. tuberosum ssp. tuberosum

كما أمكنهما الحصول على سلالات على درجة عالية من المقاومة للصقيع من بعض الأنواع المزروعة الحساسة للصقيع؛ مثل:

S. phureja

ومن التلقيح S. phureja x S. tuberosum ssp. andigena.

ويدل ذلك على أن المقاومة للصقيع ربما كانت متنحية، أو يتحكم فيها جينات مكملة لبعضها البعض، أو يوجد بينها تفاعلات تفوق. كما تدل على إمكان انتخاب طرز مقاومة للصقيع من الطرز الحساسة.

وفى محاولة أخرى.. قسم Chen & Li (عن Li & Fennell ١٩٨٥) ٢٤ نوعاً من

الجنس *Solanum* إلى خمس مجموعات حسب كونها تتحمل الصقيع والبرودة أم حساسه لهما، وما إذا كانت تستجيب أم لا تستجيب لمعاملة الأقلمة acclimation على درجة حرارة منخفضة قبل التعرض لمعاملة الصقيع (جنول ٦ - ٢).

وتبعاً لهذا التقسيم.. فإن أربعة أنواع (*S. acaule*، و *S. commersonii*، و *S. multidissecum*، و *S. chomatophilum*) تتحمل - بعد أقلمتها بالبرودة - الانخفاض في درجة الحرارة حتى -٨,٥م إلى -١١,٥م بينما وضعت البطاطس في مجموعة الأنواع الحساسة للصقيع، التي لا تستجيب لمعاملة الأقلمة بالبرودة، والتي لا تتحمل انخفاض درجة الحرارة لأكثر من ثلاث درجات تحت الصفر.

تركزت معظم الدراسات الوراثية الخاصة بتحمل الصقيع على التهجين :

S. acaule x *S. tuberosum*

وقد وضحت سيادة صفة المقاومة للصقيع في التهجين بين *S. tuberosum* وأي من الأنواع التالية :

S. acaule

S. bulbosovii

S. x curtilobum

S. demissum

S. x juzepczukii

كما أظهرت هذه التلقيحات أن المقاومة للصقيع صفة كمية، ورغم أنها قد تتضمن جيناً رئيسياً واحداً مع الجينات الأقل تأثيراً في ظهور الصفة.

ولكن ظهر من التلقيح :

S. tuberosum x *S. demissum*

أن المقاومة للصقيع صفة بسيطة ذات سيادة غير تامة (Richardson & Weiser ١٩٧٢).

جدول (٦ - ٢) : تقسيم أنواع الجنس *Solanum* حسب تحملها للصقيع والبرودة، واستجابتها لمعاملة الأظلمة بالبرودة.

المجموعة والأنواع		درجة الحرارة المميتة للنبات (م)
		قبل الأظلمة (أ) بعد الأظلمة (ب)
المجموعة الأولى مقاومة للصقيع وتستجيب للأظلمة بالبرودة		
<i>S. acaule</i>	٦,٠-	٩,٠-
<i>S. commersonii</i>	٤,٥-	١١,٥-
<i>S. multidissectum</i>	٤,٠-	٨,٥-
<i>S. chomatophilum</i>	٥,٠-	٨,٥-
المجموعة الثانية مقاومة للصقيع ولا تستجيب للأظلمة بالبرودة		
<i>S. bolviense</i>	٤,٥-	٤,٥-
<i>S. megistacrolobum</i>	٥,٠-	٥,٠-
<i>S. sanchae - rosae</i>	٥,٥-	٥,٥-
المجموعة الثالثة: حساسة للصقيع وتستجيب للأظلمة بالبرودة		
<i>S. oploocense</i>	٣,٠-	٨,٠-
<i>S. polytrichon</i>	٣,٠-	٦,٠-
المجموعة الرابعة: حساسة للصقيع ولا تستجيب للأظلمة بالبرودة		
<i>S. brachistotrichum</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. cardiophyllum</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. fendleri</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. jamesii</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. kurtzianum</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. microdontum</i>	٣,٠-	٣,٠-
<i>S. pinnatisectum</i>	٣,٠-	٣,٠-

تابع جدول (٦ - ٢) .

المجموعة والأنواع			درجة الحرارة الممثلة للنبات (م)	
			قبل الأقلعة (أ)	بعد الأقلعة (ب)
	<i>S. stenotomum</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. stoloniferum</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. sucense</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. tuberosum</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. venturii</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. vernei</i>		٢,٠-	٢,٠-
	<i>S. verrucosum</i>		٢,٠-	٢,٠-
المجموعة الخامسة: حساسة للبرودة				
	<i>S. trifidum</i>		٢,٠-	تموت (ج)

(أ) كانت ظروف النمو للنباتات غير المؤهلة بالبرودة - قبل تعريضها للبرودة القاتلة - هي: ٢٠م نهاراً، و١٤م ليلاً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(ب) كانت ظروف الأقلعة بالبرودة - قبل تعريض النباتات للبرودة القاتلة - هي ٢م ليلاً ونهاراً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(ج) كانت النباتات ميتة عقب تعريضها لحرارة حرارة ٢٠م ليلاً ونهاراً لمدة ٢٠ يوماً.

الكربن

درس Dickson & Stamer (١٩٧٠) الارتباط بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع في عدد من أصناف الكربن وكربن بروكسل. تراوحت نسبة المادة الجافة في هذه الأصناف من ٦,٥ - ١٨٪، وتراوحت درجة توريث تلك الصفة من ٥٠ - ٦٠، وكانت نسبة المادة الجافة مرتبطة - جوهرياً - مع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وقد وجد الباحثان علاقة وثيقة بين

نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع؛ حيث ازدادت المقاومة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة؛ كما هو موضح في جدول (٦ - ٣).

جدول (٦ - ٣) : العلاقة بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع في أصناف الكرنب وكرنب بروكسل.

معاملة البرودة	نوع الضرر	متوسط نسبة المادة الجافة (والمدى)	عدد النباتات
- ٥°م	نباتات متجمدة	٧,٤ (٨,٦ - ٦,٤)	٦٨
	أضرار بأطراف الأوراق فقط	٨,٥ (٩,٢ - ٧,٤)	٩٦
	أضرار بسيطة	٩,١ (١٠,٣ - ٨,٣)	٦٤
	لا توجد أضرار	١١,١ (١٣,٥ - ٩,٠)	٥٤
- ١٥°م	نباتات متجمدة	٨,٥ (١٠,٣ - ٧,١)	٣٣
	نباتات متجمدة جزئياً	٩,٣ (١١,٣ - ٨,٢)	١١
	لا توجد أضرار	١٣,٤ (١٦,٤ - ١٠,٣)	٢٢

المانجو

تتوفر صفة القدرة على تحمل البرودة في نحو ٣٠ صنفاً من المانجو، ومن بينها: الصنفين لانجرا Langara، وقلب الثور Bullock's Heart، اللذان يتميزان بكبر حجم أشجارهما؛ الأمر الذي قد يوفر لهما درجة أكبر من الحماية من البرودة، ولكن تلك القاعدة لم تنطبق على الصنف الإندونيسي جونغ Gedong. ومن ناحية أخرى.. يعد الصنف ألفونسو Alfonso من أكثر الأصناف حساسية للبرودة (Knight ١٩٧١).

عقد الثمار

الطماطم

كانت بداية التقييم للقدرة على العقد في درجات الحرارة المنخفضة في الأصناف

التجارية، ثم انتقلت الدراسات بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر - فيما يلي - جانباً من الجهود التي بذلت في هذا المجال.

قيم Curme (١٩٦٢) عدداً من أصناف الطماطم في نظام حرارى ٢٣/٧م (نهار/ليل)، ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها - تحت هذه الظروف - من ٢ إلى ٦٠٪. وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد في الحرارة المنخفضة ضمن الأصناف: إيرلى نورث Earlinorth، ورد كوشن Red Cushion، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief. وفي الهند.. أجرى Nandpuri وآخرون (١٩٧٥) اختباراً تحت الظروف الطبيعية اشتمل على ٢٤ صنفاً، ووجدوا أن أكثر الأصناف قدرة على العقد في الجو البارد هي: كول ست Cold Set، وأفلانش Avalanche، وإلايهين Illalihin.

وفي كندا.. أجرى Kemp (١٩٦٨) تقييماً شمل ١٩ صنفاً وسلالة من الطماطم، ووجد أن أكثرها قدرة على الإنبات والنمو والإزهار والعقد في الحرارة المنخفضة هي الأصناف: كول ست، وإيرلى نورث، وبونيتا، وأزريدزيفسكى Azrbidziviky، والسلالتان: P.I. 205040، و P.I. 280597. كما ذكر Smith & Millett (١٩٦٨) أن السلالة الأخيرة (P.I. 280597) تنتج حبوب لقاح بوفرة في حرارة ١٠م، وتعتقد بصورة جيدة في نظام حرارى ٢٠/٧م (نهار/ليل).

وفي Montfavet بجنوبي فرنسا.. اختبر Maisonneuve & Philouze (١٩٨٢) ٣١ صنفاً وهجيناً من الطماطم للقدرة على إنتاج حبوب لقاح بوفرة تحت ظروف صوبات غير مدفأة شتاء، وصلت فيها درجة الحرارة إلى أقل من ١٠م لعدة أسابيع، بينما كانت نباتات المقارنة نامية في صوبة مدفأة. وقد درس الباحثان إنتاج حبوب اللقاح (بالوزن لكل زهرة) وحيويتها (معبراً عنه بنسبة حبوب اللقاح التي تصبغ بالأسيتوكارمن acetocarmine). وقد وجدا توافقاً عالياً بين ترتيب الأصناف حسب قدرتها على العقد وبين حيوية حبوب اللقاح

التي تنتجها، وكانت أقل الأصناف حساسية للحرارة المنخفضة هي: Espalier، و Precoce، و Apeca، و Apedice، و Montfavet 63-4، و Pinkdeal، و Montfavet 63-5، و Lucy، و Su-permarnamde. وقد تميزت هذه الأصناف بقدرتها - تحت ظروف البرودة - على إنتاج من ٢٠ - ٥٠٪ من حبوب اللقاح التي تنتجها - عادة - مع حيوية لا تقل عن ٧٠٪.

وفي مصر.. اختبر Radwan وآخرون (١٩٨٦) ٤٣ صنفاً وسلالة من الطماطم تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاءً، ووجدوا أن أكثرها إنتاجية وقدرة على العقد السلالتان إف إم ٢٠٠٩ ٥٢٠٠٩ FM 52009، ويوسى ٧٨ دبليو ٢٩ UC 78 W29، والصنف يوسى ٨٢ UC 82. وتتوفر القدرة على العقد في الجو البارد في الصنفين الكنديين صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxi (Harris ١٩٧٥ أ)، وصب أركتك شيرى Sub-Arctic Cherr (Harris ١٩٧٥ ب).

وفي إطار البحث عن مصادر للقدرة على العقد في درجات حرارة أكثر انخفاضاً.. اتجه الباحثون إلى الأنواع البرية. فقام Patterson وآخرون (١٩٧٨) بدراسة القدرة على النمو والعقد في درجات الحرارة المنخفضة في عدد من سلالات النوع *L. hirsutum* التي تنمو - برياً - على ارتفاعات مختلفة من سطح البحر في بيرو وإكوادور، ووجدوا أن أكثرها قدرة على تحمل البرودة السلالات التي جمعت من على ارتفاعات عالية في بيرو.

ويذكر Zamir وآخرون ١٩٨١ أن السلالة LA 1777 من النوع *L. hirsutum* تعد من أفضل مصادر القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة؛ فهي تنمو وتعد ثمارها بصورة طبيعية في الجو البارد، وتنتج حبوب لقاحها بنسبة ١٠٠٪ في خلال خمسة أيام على حرارة ٥م. وتنمو هذه السلالة في بيئتها الأصلية في بيرو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر في جبال الإندين. كذلك وجدت خاصية القدرة على إنتاج حبوب اللقاح، وإنباتها، وعقد الثمار في

الحرارة المنخفضة في ثلاث سلالات أخرى من *L. hirsutum* هي: LA 1393، و LA 1363، و LA 1366؛ وجميعها تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة (عن Patterson ١٩٨٨).

وقد تمكن R. Jones ومعاونوه (Zamir وآخرون ١٩٨١) من إدخال صفة القدرة على العقد الجيد في الحرارة المنخفضة من السلالة LA 1777 (من النوع البري *L. hirsutum*) إلى الطماطم باتباع طريقة انتخاب الجاميطات Gamete Selection. وتعتمد الطريقة - ببساطة - على إجراء التلقيحات الرجعية والذاتية في برنامج التربية في درجات حرارة منخفضة؛ حيث لا تنبت وتشارك في عملية الإخصاب سوى حبوب اللقاح التي تحمل جينات القدرة على إحداث العقد في هذه الظروف؛ وبذا فهي توفر كثيراً من الوقت والجهد؛ فلو فرض وكانت الصفة التي يُراد نقلها يتحكم فيها ١٢ جيناً.. فإن عدد الجاميطات المختلفة وراثياً التي يمكن - حينئذ - إنتاجها في الجيل الأول يكون $2^n = 12^2 = 144$ جاميطة.

ومثل هذا العدد من حبوب اللقاح يمكن وضعه على ميسم زهرة واحدة؛ حيث لا تنبت منها - في الحرارة المنخفضة - سوى التي تحمل الجينات المرغوبة فقط، وهي التي تخصب البويضات. أما إن لم تتبع طريقة انتخاب الجاميطات.. فإنه تلزم - في هذه الحالة - زراعة كل نباتات الجيل الثاني المختلفة وراثياً، وعددها $2^n = 12^2 = 144$ نباتاً؛ ليتمكن انتخاب التركيب الوراثي المرغوب منها، وهو ما يستلزم زراعة نحو ١٠٠ ألف فدان من الطماطم ليتمكن التعرف على التركيب الوراثي المرغوب. وقد أوضح الباحثون أنه أمكن مضاعفة عدد الهجن المتحصل عليها من أي تلقيح في حرارة $12/6$ م (ليل/نهار)؛ بخلط حبوب اللقاح المراد اختبارها مع حبوب لقاح سلالة عادية من الطماطم ليس لها القدرة على الإنبات في هذه الظروف.

وبالإضافة إلى ما تقدم.. فقد تمكن الباحثون من عزل إنزيمات متماثلة في نشاطها وتأثيرها - ولكنها مختلفة في شحنتها الكهربائية - ترتبط مباشرة بالقدرة على العقد في

درجات الحرارة المنخفضة. ويمكن التعرف على هذه الإنزيمات بسهولة بطريقة الفصل الكهربائي electrophoresis، وهي التي تعرف باسم أيزوزيمات isozymes.

وقد كانت المجموعة الإنزيمية المرتبطة بصفة القدرة على العقد في الجو البارد وهي الخاصة بإنزيم Phosphoglucose isomerase (يكتب اختصاراً: Pgi)؛ حيث عزلت أيزوزيمات ترتبط بحالات الأصالة الوراثية والخلط الوراثي لهذه الصفة. ويستفاد من هذه الأيزوزيمات بزراعة بنور النباتات التي يراد انتخاب المتميزة منها في صفة القدرة على العقد في الحرارة المنخفضة، ثم استعمال جزء صغير من النسيج الورقي لكل منها - وهي في طور البادرة - في اختبار الفصل الكهربائي لفصل أيزوزيمات الإنزيم Pgi التي توجد بها؛ وبذا يمكن التعرف على النباتات التي يمكنها العقد في درجات الحرارة المنخفضة، وهي التي يسمح لها بالنمو بفرض الانتخاب للصفات البستانية المرغوبة، ثم بدء دورة جديدة من التلقيحات الرجعية.

أما عن وراثة صفة القدرة على العقد في الحرارة المنخفضة.. فقد ذكر أنها صفة مندلية بسيطة متنحية؛ وذلك اعتماداً على نتائج دراسة استخدم فيها الصنف المقاوم للبرودة إيرلي نورث، والصنف الحساس مارجلوب. هذا.. إلا أنه - تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة شتاء في مصر (Ibrahim ١٩٨٤) - سلكت صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلي مسلك الصفات الكمية، مع سيادة جزئية لصفة القدرة على العقد في هذه الظروف. وكانت درجات التوريث المقدرة لهذه الصفات منخفضة جداً؛ مما يدل على شدة تأثرها بالعوامل البيئية.

الفلفل

من بين أصناف الفلفل التي يمكنها العقد في الجو البارد نسبياً كل من الصنفين Penn-wonder و Vinedale، وبالمقارنة.. يعتبر الصنفان Albion و Keystone Resistant Giant قادرين على العقد في الحرارة العالية نسبياً.

هذا.. ولم يستفد - إلى الآن - من ظاهرة العقد البكرى فى الفلفل فى التغلب على ظاهرة سوء العقد فى الظروف البيئية القاسية برغم توفر هذه الظاهرة فى الفلفل. وقد اكتشفها Curtis & Scarchuk (١٩٤٨)، ووجدوا أنها صفة بسيطة ومتنحية.

الفاصوليا

وجد Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أن صفة القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة - فى مختلف مراحل النمو - فى الفاصوليا تورث مستقلة. وقد تمكنا من انتخاب سلالات ذات قدرة على العقد الجيد فى حرارة ١٦م من التلقيح NY 590 x BBL 92 .

المانجو

برغم عدم توفر صفة القدرة على تحمل البرودة الشديدة فى المانجو، إلا أن الأصناف تختلف فى مدى تأثرها بالحرارة المنخفضة لفترة طويلة خلال مرحلة الإزهار، حيث يتأثر محصول المانجو بشدة - كمأ ونوعاً - وتظهر الحالة الفسيولوجية التى يطلق عليها - فى فلوريدا - كرة الجولف golf ball ، أو الخلو من البنور seedlessness ، أو الثمار غير المكتملة nubbins .

وأكثر الأصناف تأثراً بهذه الحالة الصنف هادن Haden الذى يعطى ثماراً بكرية، ويكون عديم القيمة الاقتصادية فى مثل هذه الظروف (Knight ١٩٧٨).

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لتحمل الحرارة المنخفضة - بصورة عامة - يراجع كل من: Li & Saki (١٩٧٨) ، و Christiansen (١٩٨٢) ، و Marshall (١٩٨٢).

ثانياً : تحمل الحرارة المرتفعة

تقسم النباتات الراقية - من حيث تحملها للحرارة العالية إلى فئتين، هما :

١ - نباتات وسطية Mesophiles :

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكنها تحملها من ٣٥ - ٤٥م.

٢ - نباتات متوسطة التحمل للحرارة العالية Moderate Thermophiles

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التي يمكنها تحملها من ٤٥ - ٦٠ م.

هذا.. وتموت غالبية النباتات العشبية لدى تعرضها لحرارة قريبة من ٥٠ م، بينما يمكن للأنواع الخشبية تحمل حرارة تصل إلى ٦٠ م لفترات قصيرة.

ويتحدد مدى الضرر الذي يحدث للنباتات بمدة التعرض للحرارة العالية، ويمدى توفر الرطوبة الأرضية، لتأمين معدلات نتج عالية، يمكن أن تعمل على خفض درجة حرارة الأوراق.

ونجد - بصورة عامة - أن أعضاء التخزين المتشحمة ترتفع درجة حرارتها عن حرارة الهواء المحيط بها، بسبب الحرارة الناتجة من النشاط الأيضي، والتي لا تتسرب منها - إلى الجو المحيط بها - بسرعة كافية. هذا.. بينما تكون حرارة الأوراق أقل من حرارة الهواء المحيط بها ببضع درجات بسبب النتج. ويستثنى من ذلك الأوراق التي تكون مواجهة تماماً للأشعة الشمسية، حيث قد ترتفع حرارتها بضع درجات عن حرارة الهواء المحيط بها.

طبيعة الأضرار التي تحدثها الحرارة العالية

تقسم الأضرار التي تنشأ عن تعرض النباتات للحرارة العالية إلى ثلاث فئات، كما يلي:

١ - أضرار بسيطة نسبياً:

وهي الأضرار التي تترتب على رفع الحرارة العالية لمعدلات كل من النتج والتنفس؛ حيث تؤدي زيادة النتج عن قدرة الجنور على امتصاص الماء من التربة إلى ظهور أضرار الجفاف Drought Injury، بينما تؤدي زيادة معدل التنفس عن معدل البناء الضوئي إلى ظهور أضرار نقص الغذاء Starvation Injury.

وترجع الزيادة الحادة التي تحدث في معدل النتج - عند ارتفاع درجة الحرارة - إلى عاملين؛ هما:

أ - التأثير المباشر للحرارة على انتشار الماء Diffusion Constant of Water، الذي يزيد بارتفاع الحرارة.

ب - زيادة الفارق في ضغط بخار الماء بين المسافات البينية لأنسجة الورقة والهواء المحيط بها، فنجد - مثلاً - أن ارتفاع حرارة الورقة بمقدار ٥° مئوية عن حرارة الهواء المحيط بها يعادل حدوث انخفاض في الرطوبة النسبية للهواء المحيط بها بمقدار ٣٠٪.

ونجد تحت ظروف الحقل أن أضرار الجفاف تكون مصاحبة للحرارة العالية إلى درجة يصعب معها فصل تأثير العاملين في المحصول، حتى مع توفر الرطوبة الأرضية أحياناً.

ومن الطبيعي أن يتوقف النمو النباتي عند ارتفاع الحرارة إلى مستوى يقل عن الحرارة التي تقتله في الحال. وكلما ازدادت فترة تعرض النباتات لدرجة الحرارة التي يتوقف عندها نموه احتاج إلى فترة أطول ليستعيد نموه الطبيعي بعد عودة الحرارة إلى الاعتدال. ويمكن إظهار الضرر التدريجي الذي يحدث إبان تعرض النباتات للحرارة العالية بقياس معدل التنفس. فبعد فترة من التعرض للحرارة العالية ينخفض معدل التنفس تدريجياً إلى أن يتوقف تماماً مع انتهاء مخزون الغذاء في النبات، لأن الحرارة المثلى للتنفس تزيد على تلك التي تناسب البناء الضوئي.

٢ - أضرار متوسطة الشدة:

ترجع الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية إلى تأثيراتها المباشرة على المراحل الأيضية الحساسة للحرارة، والتي يترتب عليها نقص في أحد المركبات الهامة للنبات، أو تراكم مركبات معينة إلى درجة السمية، مثل تراكم الأمونيا في الحرارة العالية.

كما يدخل ضمن الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية كل من: دنثرة البروتينات، وسيولة الدهون (وما يترتب عليها من حدوث أضرار بالأغشية الخلوية)، وفقد الأحماض النووية، وخاصة حامض الـ RNA.

٣ - أضرار شديدة :

تحدث الأضرار الشديدة نتيجة لحدوث تفاعلات كيميائية معينة في درجات الحرارة الشديدة الارتفاع، يترتب عليها موت الأعضاء النباتية حتى المنخفضة الرطوبة منها، مثل

البذور. ومن أمثله.. هذه التفاعلات زيادة معدل فقد البروتينات عن معدل تمثيلها؛ الأمر الذي يترتب عليه حدوث فقد في الإنزيمات، وأضرار بالأغشية الخلوية. وقد يحدث الضرر نتيجة زيادة معدل هدم المركبات الهامة، أو نقص معدل تمثيلها، أو لكلا السببين.

وتتميز الأضرار المباشرة للحرارة العالية عن الأضرار غير المباشرة في أن ظهورها يمكن أن يحدث بعد فترة قصيرة من التعرض للحرارة العالية. ونجد - على سبيل المثال - أن الـ Q_{10} لندثرة البروتين عالٍ جداً، حيث يتراوح من ٧١ - ١٢٠ لعدد من الأنواع المحصولية.

وسائل حماية النباتات لنفسها من أضرار الحرارة العالية

تقوم النباتات بحماية نفسها من أضرار الحرارة العالية بإحدى وسيلتين، هما :

١ - تفادى أضرار الحرارة Heat Avoidance:

لا يعنى تفادى النبات لأضرار الحرارة العالية أن تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الهواء المحيط به، وإنما أن يكون النبات قادراً على البقاء في درجات حرارة لا تتحملها نباتات أخرى، وهو ما يحدث بالوسائل التالية:

أ - العزل الحرارى Insulation:

وهو ما يحدث في جنوع الأشجار الكبيرة بفعل طبقة القلف السمكية التي توجد فيها.

ب - انخفاض معدل التنفس :

ربما لا يكون هذا العامل مهما في الأوراق (حيث يكون تأثيره قليلاً جداً مقارنة بالحرارة التي تكتسبها الأوراق من جراء تعرضها للأشعة الشمسية)، ولكنه يكتسب أهمية كبيرة في أعضاء التخزين الشحمية.

ج - عدم اكتساب الأوراق الطاقة الضوئية الساقطة عليها:

يتحقق ذلك من خلال ظاهرة الانعكاس Reflectance ، والنفاذية Transmissivity، علما

بأن وجود الشعيرات وغيرها من الزوائد الورقية يزيد من ظاهرة انعكاس الضوء. وتتأثر النفاذية بلون الأوراق وسمكها، حيث تزيد في الأوراق ذات اللون الأخضر الفاتح والقليلة السمك.

د - التبريد بالفتح Transpirational cooling:

يعتقد أن النتح يزيل نحو ٢٣٪ من الحرارة التي يكتسبها النبات خلال فترة منتصف النهار، وتتوقف مدى فاعليته على سرعة الرياح، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية.

٢ - تحمل الحرارة Heat Tolerance:

يتحمل النبات الحرارة العالية لأسباب قد يكون منها: زيادة معدل البناء الضوئي، ونقص معدل التنفس، وعدم تراكم السموم أو إبطال مفعولها، ووجود بعض المركبات الهامة بتركيزات عالية؛ فلا يترتب على نقصها قليلاً - بفعل الحرارة العالية - تأثيرات ضارة على النبات. كما قد يحدث التحمل للحرارة العالية نتيجة زيادة ثبات البروتينات تحت هذه الظروف، أو سرعة عودتها إلى حالتها الطبيعية إذا ما حدثت لها دنثرة جزئية.

الأساس الفسيولوجي لتحمل الحرارة العالية

تُظهر بعض الأنواع النباتية تحملاً كبيراً للحرارة العالية من خلال ظواهر فسيولوجية محددة، لعل أبرزها أيض حامض الكراسيولاسيان Crassulacean Acid Metabolism (تكتب اختصاراً: CAM). ففي هذه الحالة (حالة الـ CAM) تغلق الثغور في أشد ساعات النهار حرارة. كما أن النباتات ذات مسار البناء الضوئي C_4 أكثر تحملاً للحرارة العالية عن النباتات ذي المسار C_3 ؛ لأن الأولى أكثر كفاءة في الاستفادة من التركيزات المنخفضة لغاز ثاني أكسيد الكربون في المسافات البينية للخلايا. كذلك تتوفر بين النباتات الـ C_4 - التي تتباين في تحملها للحرارة العالية - اختلافات في مدى ثبات إنزيم RuBP carboxylase في ظروف الحرارة العالية، وفي كفاءة تمثيل الغذاء المجهز بها، وانتقاله إلى الأعضاء الأكثر تأثراً بالحرارة العالية.

١ - أيض حامض الكراسيولاسيان CAM :

يتميز الـ CAM بحدوث تغيرات يومية في محتوى الأحماض العضوية، يقابلها تغيرات عكسية في المواد الكربوهيدراتية؛ فنجد أن حامض المالك يتراكم تدريجياً أثناء الظلام، بينما تختفي المواد الكربوهيدراتية. ويعقب ذلك - خلال فترة الضوء التالية - اختفاء حامض المالك وظهور المواد الكربوهيدراتية نتيجة لتمثيل غاز ثاني أكسيد الكربون - الناتج من حامض المالك - بواسطة النباتات ذات المسار الأيضي C_3 . وعليه.. فإن الـ CAM يعرف بأنه «تدفق الكربون» Carbon Flow من خلال حامض المالك المتكون في الظلام، حيث يصبح حامض المالك هو مصدر الكربون لتمثيل غاز ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي.

كذلك يتميز الـ CAM بأن الثغور تفتح ليلاً وتغلق نهاراً، وبذا.. فإن غاز ثاني أكسيد الكربون الخارجى يخزن في حامض المالك ليلاً، ثم يستعمل في البناء الضوئي في النباتات ذات المسار C_3 خلال النهار التالي.

وأخيراً.. فإن النباتات التي يحدث فيها الـ CAM تتميز أيضاً بكونها عصيرية، وباحتواء أوراقها وسيقانها على عدة طبقات من الهيبودرمز hypoderms التي تحيط بخلايا برانشيمية كبيرة تحتوي على بلاستيدات خضراء، ويوجد فيها فجوات كبيرة لخزن الماء، وكمية صغيرة من السيتوبلازم المحيط بتلك الفجوات. ويعتقد أن الـ CAM يحدث في هذه الخلايا، وأن الفجوات الكبيرة التي توجد بها هي لتخزين حامض المالك.

ونظراً لانغلاق الثغور أثناء النهار في النباتات التي يحدث فيها الـ CAM.. فإن حصة النتج Transpiration Ration (وهي نسبة وزن الماء المفقود بالنتج إلى وزن الكربون المكتسب بالبناء الضوئي) تكون منخفضة فيها، حيث تتراوح من ٤٠ - ٧٢، مقارنة بنحو ١٠٠ - ٢٠٠ في النباتات ذات المسار C_4 ، وأكثر من ٥٠٠ في النباتات ذات المسار C_3 التي لا يحدث فيها الـ CAM.

٢ - البناء الضوئي ذو المسار C_4 :

للمسار البنائي C_4 مميزات خاصة في ظروف الحرارة العالية والجفاف - مقارنة بالمسار C_3 - فهو يفيد في تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في خلايا الحزم؛ الأمر الذي يسمح باستمرار دورة كالفن Calvin Cycle في ظروف أفضل بالنسبة لتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المحدد لمعدل البناء الضوئي أثناء ارتفاع درجات الحرارة.

وبرغم أن هذه الخاصية التي توجد في النباتات الـ C_4 تزداد أهميتها للنبات مع ارتفاع درجة الحرارة - وخاصة عندما يكون هذا الارتفاع مصاحباً بزيادة في شدة الإضاءة - إلا أنه تقل أهميتها في الحرارة المنخفضة، وتتعدم تماماً في الإضاءة الضعيفة. ومع ذلك فلا تعرف أية مساوئ للمسار الأيضي C_4 .

ويعرف المسار الأيضي C_4 في عديد من العائلات النباتية، كما يوجد كلا المسارين - الـ C_3 والـ C_4 - في عدد من الأجناس، مثل الجنس *Atriplex* . وبالتهجين بين نوعين تابعين له، هما: *A. rosa* نو المسار C_4 ، و *A. triangularis* نو المسار C_3 كان الجيل الأول وسطاً بينهما فيما يتعلق بخصائص ونشاط الإنزيمات المسنولة عن البناء الضوئي. وبرغم أن عدد الجينات التي تتحكم في كل مكون من مكونات المسار البنائي قليل، إلا أن الصفة نفسها تبدو كمية ومعقدة.

٣ - التباين في ثبات إنزيم RuBPcase في الحرارة العالية :

إن الإنزيم الرئيسي في عملية البناء الضوئي في النباتات ذات المسار C_3 هو ribulose biphosphate carboxylase (اختصاراً: RuBPcase)، وهو إنزيم حساس للحرارة العالية. وتوضح الدراسات التي أجريت في هذا الشأن وجود اختلافات وراثية في مدى ثبات هذا الإنزيم بين الأصناف التي تختلف في مدى تحملها للحرارة العالية.

فمثلاً.. تعقد ثمار صنف الطماطم سالادت Saladette في الحرارة العالية نسبياً، بينما لا يحدث ذلك في الصنف الحساس روما Roma، وقد أرجع ذلك - جزئياً - إلى اختلاف الصنفين في مدى تأثر البناء الضوئي فيهما بالحرارة العالية، حيث كان الصنف سالادت

أقل تأثراً. وبمقارنة نشاط إنزيم RuBPCase فيهما.. وجد أن تعريض الإنزيم خارج النبات (in vitro) لحرارة ٥٠ °م لمدة ساعة خفض نشاطه بمقدار ٧٥٪ في الصنف روما، بينما لم يكن للمعاملة أية تأثيرات على نشاطه في الصنف سالاديت.

٤ - التباين في كفاءة انتقال الغذاء المجهز إلى الأعضاء النباتية الأكثر تأثراً بالحرارة العالية :

تلعب القدرة على نقل الغذاء المجهز - بكفاءة عالية - تحت ظروف الحرارة العالية دوراً هاماً في النباتات التي تزرع ثمارها أو بنورها. فمن المعروف أن سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد يعد أمراً شائع الحدوث في درجات الحرارة العالية، وتلزم زيادة كفاءة انتقال الغذاء من أماكن تصنيعه بالأوراق إلى تلك الأعضاء النباتية لتجنب سقوطها؛ نظراً لزيادة معدل التنفس؛ ومن ثم زيادة استهلاك المواد الكربوهيدراتية أثناء ارتفاع درجة الحرارة.

ولقد وجد أن صنف الطماطم سالاديت - الأكثر قدرة على العقد في الحرارة العالية في الصنف الحساس روما - أكثر كفاءة في نقل الغذاء المجهز من الأوراق إلى الأزهار والثمار الحديثة العقد أثناء ارتفاع درجة الحرارة. وتتوفر أدلة على أن هذا التحسن في كفاءة انتقال الغذاء المجهز في الصنف سالاديت مرده إلى زيادة سرعة تحلل السكروز المتوفر بأوراقه إلى فركتوز وجلوكوز، حيث ارتبط معدل انتقال المواد الكربوهيدراتية بقوة بنسبة السكروز: الفركتوز والجلوكوز. كذلك نقص محتوى الأوراق من النشا - في هذا الصنف - بسرعة كبيرة في الحرارة العالية مقارنة بالصنف روما، مما يدل على أن الغذاء المجهز ينتقل - في الصنف سالاديت - بمعدلات عالية من أماكن تصنيعه إلى حيث تحتاج إليه الأزهار - والثمار الحديثة العقد خلال فترات ارتفاع درجات الحرارة.

ويرتبط بهذا الأمر - كذلك - ما وجد من بطء تكوين الكالوس في الأنابيب الغربالية للصنف سالاديت - خلال فترات ارتفاع الحرارة - مقارنة بما يحدث في الصنف روما الحساس للحرارة.

٥ - التباين فى استجابة إنزيم Nitrate Reductase للحرارة العالية:

أوضحت دراسة أجريت على ثلاث سلالات من الذرة مرباة تربية داخلية وحساسة للحرارة العالية، وثلاث أخرى أكثر تحملاً للحرارة وجود اختلافات بينها فى نشاط كل من إنزيمى Nitrate Reductase ، و Nitrite Reductase ، حيث لم يثبط نشاط إنزيم الـ Nitrate Reductase فى السلالات المتحملة للحرارة، وفى إحدى السلالات الحساسة - لدى تعريضها لحرارة ٤٠ - ٥٠م - مقارنة بالسلالتين الحساستين الآخرين (عن Stevens ١٩٨١).

طرق التقييم لتحمل الحرارة العالية

يصعب كثيراً التحكم فى درجة الحرارة تحت ظروف الحقل، كما لا يمكن - غالباً - فصل تأثير الحرارة العالية عن تأثير الجفاف فى تلك الظروف الطبيعية؛ ولذا .. فإن محاولة إجراء التقييم لتحمل الحرارة العالية تحت ظروف الحقل لا تكون مجدية فى معظم الحالات، ويتعين - غالباً - إما إجراء اختبار التقييم تحت ظروف متحكم فيها فى البيوت المحمية، وإما الاعتماد على الاختبارات المعملية غير المباشرة، مثل:

١ - قياس درجة التسرب الأيونى (بقياس الزيادة فى درجة التوصيل الكهربائى) بعد تعريض أجزاء من ورقة النبات تؤخذ بثاقبة الفلين (leaf discs) للمعاملة الحرارية العالية:

يعد هذا الاختبار سهلاً وسريعاً، وهو يرتبط باستجابة عمليات حيوية نباتية أخرى للحرارة العالية (مثل: مقاومة البروتينات الذائبة والإنزيمات للدنترة، وثبات البناء الضوئى فى الأوراق الكاملة)، وكذلك باستجابة النباتات الكاملة لدرجات الحرارة العالية تحت ظروف الحقل.

وقد استخدم هذا الاختبار - بنجاح - فى تقييم أصناف وسلالات فول الصويا والصورجم للحرارة العالية، حيث أفاد فى التمييز بينها، ولكنه لا يفيد كثيراً عند الرغبة فى إجراء الانتخاب فى الأجيال الانعزالية؛ لأنه - أى الاختبار - يُجرى على عدة leaf discs من عدة نباتات تمثل العشيرة التى يُراد اختبارها؛ الأمر الذى لا يمكن تحقيقه فى الأجيال الانعزالية التى تمثلها نباتات مفردة.

٢ - قياس مدى تأثر الحركة النورانية للسيتوبلازم بالحرارة العالية.

٣ - قياس مدى تأثر معدل البناء الضوئى بمعاملة التعريض للحرارة، ويتم تقدير ذلك على الأوراق المفردة - غير المفصولة عن النبات - باستعمال أجهزة خاصة يسهل نقلها واستعمالها فى الحقل (عن Marshall ١٩٨٢).

جهود التربية لتحمل الحرارة العالية

لقد وجدت اختلافات وراثية فى القدرة على تحمل الحرارة العالية بين أصناف عديد من المحاصيل، منها: السورجم، والذرة، وفول الصويا، والشوفان، وغيرها. وكان التقييم فى معظم الحالات يرتبط بالقدرة الإنتاجية العالية تحت ظروف الحرارة العالية، وهو الهدف النهائى من التربية فى هذا المجال. ولكن تحقيق تقدم مستمر فى هذا الأمر يتطلب دراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الحرارة العالية، ليتمكن الجمع بين مصادر الصفة - التى تختلف فى أساسها الفسيولوجى - فى تركيب وراثى واحد.

ونستعرض - فيما يلى - الجهود التى أجريت فى مجال التربية لتحمل الحرارة المرتفعة - فى عدد من المحاصيل الزراعية - سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجى للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثتها. ونقدم هذا العرض - كما سبق أن قدمناه بالنسبة لجهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة - فى المجالات الثلاثة لهذا الموضوع، وهى: إنبات البنور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

تختلف أصناف وسلالات الطماطم فى قدرة بنورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ كما يوجد ارتباط بين القدرة على الإنبات فى كل من درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. وتتضح هاتان الحقيقتان فى جدول (٦ - ٤)، الذى يبين استجابة ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على حرارة ٢٥م لمدة خمسة أيام. علماً بأن ثمانى من

هذه السلالات كانت تعرف سلفاً - بقدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة. ويتضح من نتائج هذه الدراسة أن سبباً من هذه السلالات كانت - كذلك - قادرة على الإنبات فى درجة الحرارة المرتفعة (Berry ١٩٦٩). ويمكن أن يضاف إلى هذه القائمة السلالة P.I. 341984 التى تتميز بالقدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة على حد سواء (عن Kaname وآخرين ١٩٦٩).

جول (٦ - ٤) : تأثير معاملة استنبات البنور لمدة خمسة أيام على حرارة ٢٥ م على بعض أنواع وسلالات الطماطم، التى تتفاوت فى قدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

الأنبات (%) (٢)	الصنف أو السلالة (١)
أ ٨٥	U.A.I. 67-17-1 (*)
ب ٦٨	U.A.I. 67-15-1 (*)
ب ٥٤	U.A.I. 67-26-1 (*)
ب ٤٨	Fireball
ب ٤٦	P.I. 174261 (*)
ب ٤٦	U.A.I. 67-18-1 (*)
ب ٤٥	Cold Set (*)
د ٣٣	P.I. 263713 (*)
صفر هـ	Heinz 1350 (*)
صفر هـ	Campbell
صفر هـ	Early Fireball

(١) تعرف السلالات المميزة بعلامة (*) بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

(٢) السلالات التى تشترك فى أحد الحروف الأبجدية لا تختلف عن بعضها فى نسبة الإنبات.

وفى دراسة أخرى على ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم.. درس Coons وآخرون (١٩٨٩) تأثير معاملة استنبات البذور على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥، أو ٤٠م، أو درجة حرارة متغيرة كل ١٢ ساعة بنظام حرارى ٢٥/٤٠، أو ٣٠/٤٠، أو ٣٥/٤٠م. وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م كان فى السلالات Nema 1200، و P28693، و UC-28-L، بينما كان أفضل إنبات على درجة حرارة متغيرة بنظام ٣٥/٤٠م فى السلالات P28693، و P28793، و UC82-L. وقد تحسن إنبات بذور مختلف السلالات كثيراً لمجرد خفض درجة الحرارة بمقدار ١٠ أو ٥م لمدة ١٢ ساعة كل ٢٤ ساعة، مقارنة بالإنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م.

الفلفل

تتفاوت أصناف الفلفل التجارية التابعة للنوع C. annuum فى قدرة بنورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ فقد وجدت Coons وآخرون (١٩٨٩) أن أصناف الفلفل تتباين فى هذه الخاصية عندما يكون الإنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م، وكان أكثرها قدرة على الإنبات عند هذه الدرجة الصنفين Mercury و Yolo Wonder B، وبالمقارنة.. فإن إنبات جميع الأصناف كان جيداً على درجتى الحرارة ٢٥، و ٣٥م، وسيئاً عند درجة ٤٠م، بينما كان إنبات جميع الأصناف وسطاً عند درجة حرارة متغيرة مقدارها ٣٥/٤٠م (نهار/ليل)، وانخفض - تدريجياً - بارتفاع حرارة الليل إلى ٣٠ و ٣٥م. وقد أوضحت اختبارات التترازوليم Tetrazolium Tests أن نسبة عالية من البذور التى لم تنبت فى الحرارة العالية (٤٠م) كانت حيويتها مازالت عالية بعد انتهاء الاختبار.

النمو النباتى

البطاطس .

قيم Reynolds & Ewing (١٩٨٩) ١١٩ سلالة - تنتمى إلى ٥٩ نوعاً تكون درنات من الجنس Solanum لتحمل الحرارة العالية Heat Tolerance. درست فى البداية قدرة السلالات

على تكوين نمو خضري قوى فى حرارة ٣٠ - ٤٠م مع تعريضها لفترة ضوئية طويلة مدتها ١٨ ساعة يومياً لمنع تكوين الدرنات. وتلا ذلك اختبار السلالات التى أعطت نموا خضرياً قوياً تحت هذه الظروف للقدرة على إنتاج الدرنات فى نفس ظروف الحرارة العالية (٣٠ - ٤٠م)، ولكن مع تعريضها لفترة إضاءة قصيرة. وبرغم تباين السلالات فى إنتاجها للدرنات تحت هذه الظروف.. فإن عدداً قليلاً منها - ينتمى لأنواع قليلة - أنتج درنات بانتظام فى حرارة ٣٠ - ٤٠م.

الكرب الصينى

يقصد بالقدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة فى الكرب الصينى إمكان إنتاج رؤوس مندمجة فى ظروف لا يقل فيها متوسط درجة الحرارة الشهرى عن ٢٥م. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية - فى الكرب الصينى - صفة مندلية بسيطة ومتنحية (Opena & Lo ١٩٧٩). كما وجد ارتباط بين القدرة على تحمل الحرارة العالية والقابلية للتعرض للإزهار المبكر (Ryder ١٩٧٩).

إن تكوين الرؤوس يبدأ بين مرحلتى نمو الورقتين الحقيقيتين الثامنة والعاشرة إذا كانت الحرارة منخفضة (أقل من ٢٥م)، أو إذا كانت الأصناف مقاومة للحرارة. وتتكون الرؤوس نتيجة للاستمرار فى تكوين أوراق جديدة، ويعد احتفاظ الأوراق بنضارتها وامتلاء خلاياها بالرطوبة (leaf turgidity) شرطاً أساسياً لتكوين الرؤوس. وبينما يفقد هذا الشرط فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية.. فإن الأصناف المقاومة تبقى أوراقها نضرة تحت تلك الظروف؛ ويرجع ذلك إلى تميز تلك الأصناف بما يلى :

أ - زيادة امتصاصها للماء عند بداية تكوينها للرؤوس.

ب - زيادة سمك أوراقها.

ج - زيادة درجة التوصيل الكهربائى لعصيرها الخلوى بالأوراق.

د - زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل.

هـ - نقص عدد الثغور بأوراقها .

ويبدو أن العوامل السابقة تزيد من توصيل الماء إلى الأوراق واحتفاظها به فى الحرارة العالية (Kuo وآخرون ١٩٨٨).

الخوخ

تعد احتياجات البرودة فى الخوخ من أهم الصفات فى المناطق ذات الشتاء المعتدل البرودة؛ لأنها الفترة التى يجب أن تتعرض لها النباتات لدرجة حرارة أقل من حد معين لى انتهاء براعمها للنمو الطبيعى بعد فترة الراحة شتاء. ويتحدد ذلك - عادة - بعدد الساعات التى يجب أن تتعرض لها الأشجار فى حرارة أقل من ٥٤°ف (٢,٧°م) خلال الفترة من أول نوفمبر إلى منتصف فبراير. ويختلف التحديد الدقيق لتلك الفترة باختلاف منطقة الزراعة.

ويؤدى عدم حصول النباتات على حاجتها من البرودة إلى ما يلى :

- ١ - تأخير ظهور الأوراق، وظهورها بشكل غير منتظم.
 - ٢ - تشوه وعقم الأزهار، وسقوط البراعم الزهرية.
 - ٣ - نقص المحصول، وضعف نمو الأشجار إذا تأخر التوريق كثيراً.
- وتتأثر استجابة النباتات لفترة التعرض للحرارة المنخفضة بعدد من العوامل، منها ما يلى:

١ - تناوب فترات من الحرارة المرتفعة مع الحرارة المنخفضة؛ الأمر الذى يضعف تأثير الحرارة المنخفضة.

٢ - شدة الضوء والفترة الضوئية:

فتحتاج البراعم - التى تتكون على الأفراخ التى تنمو متأخرة فى الخريف - إلى قدر أكبر من البرودة لكسر سكونها عن تلك التى تتكون على الأفراخ التى يكتمل تكوينها عند بداية فترة التعرض للبرودة.

وقد أمكن إنتاج أصناف من الخوخ ذات احتياجات منخفضة من البرودة، وتصلح للزراعة فى المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية، ومن أمثلتها: Early Amber، و Florida-sun، و Floridabelle، و Floridawon، و Red Cylon، و Saharanbur (الحماى ١٩٧٣).

وتظهر صفة احتياجات البرودة فى الجيل الأول فى حالة وسطية بين الآباء، ويكون لها توزيع مستمر فى الجيل الثانى، تظهر فيه كل الأشكال المظهرية (احتياجات البرودة)، بما فى ذلك الأشكال المظهرية للأبوين (Bowen ١٩٧١).

البلوبرى

أمكن إنتاج أصناف من البلوبرى blue berry ذات احتياجات منخفضة من البرودة، مع احتفاظها بنوعية جيدة. وتنتج بعض هذه الأصناف ثماراً جيدة فى ولاية فلوريدا الأمريكية؛ حيث يتراوح متوسط درجة الحرارة فيها - خلال أشد شهور السنة برودة - حوالى ١٤,٥ م، ولا تحصل النباتات فيها على أكثر من ٣٠٠ - ٤٠٠ ساعة فى حرارة أقل من ٧,٢ م (Sharp & Sherman ١٩٧١).

عقد الثمار الطبيعى

إن العمليات الضرورية لعقد الثمار هى :

- ١ - إنتاج حبوب لقاح خصبة.
 - ٢ - انتقال حبوب اللقاح إلى الميسم.
 - ٣ - إنبات حبة اللقاح، ونمو الأنبوبة اللقاحية فى قلم الزهرة.
 - ٤ - إندماج نواة ذكرية مع بويضة خصبة.
- ولا يعنى الإخصاب تأمين بقاء الزهرة الحديثة العقد من السقوط؛ فلو استمرت الحرارة عالية لفترة تكفى لحثوث حالة عدم توازن فى الكربوهيدرات فى الثمرة العاقدة حديثاً.. لادى ذلك إلى سقوطها، ومع ذلك.. فإن أكثر مراحل العقد تأثراً بالحرارة العالية هى إنتاج حبوب اللقاح الخصبة، وانتقالها إلى الميسم.

ومن أهم المحاصيل التي أجريت عليها دراسات التربية للقدرة على عقد الثمار في الحرارة العاليه ما يلي :

الطماطم

حظيت التربية لتحسين العقد في درجات الحرارة المرتفعة باهتمام كبير من قبل مربى الطماطم ولكن - على خلاف التربية لتحسين العقد في درجات الحرارة المنخفضة - فإن معظم الجهود محصورة داخل نوع الطماطم *L. esculentum*، ونعرض فيما يلي لأبرز تلك الجهود.

درس Schaible (١٩٦٢) الاختلافات بين أصناف الطماطم في قدرتها على العقد في ظروف الحرارة المرتفعة، بلغت فيها درجة الحرارة ليلاً ٢٧م، ووجد أن أكثر الأصناف تحملاً هي: Porter، و Narcarlang، وأوضح Doolittle وآخرون (١٩٦١) أن الأصناف ذات الثمار الصغيرة الحجم تعد أكثر قدرة على العقد في الجو الحار. وذكرنا من أمثلتها Sum-mer Set، و Hot Set، و Summer Prolific، و Porter.

وبالرجوع إلى Minges (١٩٧٢) .. أمكن استخلاص القائمة التالية من أصناف الطماطم التي ذكرت عنها القدرة على العقد في الحرارة العالية كواحدة من أبرز صفاتها :

Early Summer Sunrise	Golden Marglobe
Lousiana All - Seasons	Mozark
Ohio WR Brookston	Rearl Harbor
Red Cloud	Red Global
Sioux	Spartan Red 8
State Fair	Summer Sunrise
Summer Sunset	Summer Prolific
Texto NO.1	VF14

وفى اختبار شمل سبعة أصناف.. كان الصنف Hot Set أكثرها قدرة على تحمل الحرارة العالية؛ حيث بلغت نسبة عقد الثمار به ٧٧٪ تحت هذه الظروف (Levy وآخرون ١٩٧٨). كما أوضحت دراسات Shelby وآخرون (١٩٧٨) قدرة الأصناف AU 165، و Nag-carlang، و Porter، و Saladette الجيدة على العقد فى الحرارة العالية.

وفى الهند.. أجرى تقييم تحت الظروف الطبيعية شمل ٤٢ صنفاً، وتبين منه أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو الحار هى: Avalanche، و Tropic Punjab، و Marzano P4 (Nandpuri وآخرون ١٩٧٥).

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرون (١٩٧٧) أن نسبة العقد فى ظروف ٢٢/٣٩م (نهار/ليل) بلغت ٥٦٪ - ٦٠٪ فى الصنف سالاديت Saladette، بينما تراوحت من صفر إلى ٢٢٪ فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية. يتميز هذا الصنف - الذى أنتجه Leeper P.W. فى تكساس - بنموه الخضرى المحدود، وثماره الصغيرة القليلة البذور.

وفى لوزيانا.. اختبرت ستة أصناف وسلالات من الطماطم (هى L401، و S6916، و BL6807، و Saladette، و Chico III، و P.I. 262934، و Floradel)، ووجد أن نسبة العقد تراوحت - تحت ظروف الحرارة المرتفعة - من ٨٪ فى السلالة L401 إلى ٥٠٪ فى السلالة BL 6807؛ أما فى الجو المعتدل أثناء الربيع.. فقد بلغت نسبة العقد ٧٨٪، و ٩٣٪ فى نفس هاتين السلالتين على التوالى (Hanna & Hernandez ١٩٨٢).

وفى مصر.. قيمت ١٠٥ من سلالات وأصناف الطماطم تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية)، ووجد أن أكثر الأصناف إنتاجية وقدرة على العقد فى هذه الظروف هى: Peto 81، و UC82، و Punjab Chuhara، و Peto 86، كما كانت سلالتا التربية 78 W37-S-1، و S-78-296-2، والصنف Saladette من أفضل المصادر الوراثية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف (Radwan وآخرون ١٩٨٦ب).

هذا.. وقد أجريت أكبر دراسة على تقييم الطماطم للعقد فى الحرارة المرتفعة فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر. وقد قيم فى هذه الدراسة ٤٠٥٠ صنفاً وسلالة من

الطماطم والأنواع الأخرى القريبة من النوع *Lycopersicon*، ووجد أن ٣٨ سلالة فقط (أى أقل من ١٪ من السلالات المختبرة) كانت ذات قدرة على العقد فى الحرارة العالية، واشتملت على ٣٠ سلالة من نوع الطماطم *L. esculentum*، و٧ سلالات من النوع *L. pimpinellifolium*، وسلالة واحدة من الهجين النوعى بينهما. كانت جميع هذه السلالات ذات ثمار صغيرة أو متوسطة الحجم، ويرجع موطنها إلى ١٥ بلداً مختلفاً، أى إنها تختلف فى المنشأ (Villareal وآخرون ١٩٧٨، و Villareal & Lai ١٩٧٩).

وفىما يتعلق بالوسائل التى اتبعتها الباحثون لتقييم القدرة على العقد فى الحرارة العالية.. تمكن Stoner & Otto (١٩٧٥) من انتخاب النباتات المرغوبة فى صوبات تراوحت فيها درجة الحرارة العظمى من ٢٦ - ٢٧م خلال فترة الاختبار، مقارنة بأصناف تتوفر بها تلك الصفة. ففى هذه الظروف.. لم تتعد نسبة العقد ١٠٪ فى الأصناف الحساسة، بينما بلغت ٣٢٪ فى الصنف Red Rock، و٦١٪ فى C28، و٧٤٪ فى Merit، و ٩٢٪ فى Chico III، وهى الأصناف التى استخدمت للمقارنة.

أما Tarakanov وآخرون (١٩٧٨).. فيذكرون أن جمع حبوب اللقاح وتعريضها لحرارة ٤٠ - ٥٤م لمدة ٦ ساعات كان كفيلاً بقتل حبوب اللقاح الحساسة. وقد أدى استخدام حبوب اللقاح التى عرضت لهذه المعاملة فى التهجينات إلى تحسين نسبة العقد فى النسل.

وقد قدر Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة حبوب اللقاح ونموها فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠م لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدوا أن كلا من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية يرتبط إيجابياً - بصورة جوهريّة - جداً بنسبة عقد الثمار، وكان معامل الارتباط (r) هو ٠,٩٨٨، و٠,٨١٥ للصفين على التوالى.

وقد أمكنهما - برفع درجة الحرارة التى عرضت لها الأزهار من ٤٠ إلى ٤٨م - زيادة القدرة على التمييز بين التراكيب الوراثية الحساسة والمقاومة لزيادة الفارق بينهما فى حيوية حبوب اللقاح تحت هذه الظروف.

تعزى القدرة على العقد - فى الحرارة العالية - إلى أسباب كثيرة متباينة فى مختلف السلالات، منها ما يلى (عن Rudich وآخرين ١٩٧٧، و Levy وآخرين ١٩٧٨، و Kuo وآخرين ١٩٧٩، و Stevens & Rick ١٩٨٦):

١ - نقص مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات؛ لضعف البناء الضوئى بسبب تأثر إنزيم RuBPcase؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٢ - عدم انتقال المواد الكربوهيدراتية بكفاءة فى النبات؛ بسبب امتلاء الأنابيب الغربالية بالكالوس؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette أيضاً.

٣ - قلة تكوين الأزهار؛ بسبب سوء توزيع التمثيل البنائى؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى السلالة BL6807.

٤ - ضعف إنتاج حبوب اللقاح، واختلال عملية تكوينها.

٥ - عدم انتشار حبوب اللقاح بسبب عدم انشقاق المتوك؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٦ - ضعف حيوية وإنبات حبوب اللقاح، وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Nagcarlan.

٧ - ضعف حيوية البويضات؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Malintka 101.

٨ - بروز الميسم من الأنبوبة السدائية؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنفين Sala-dette، و VF36.

٩ - جفاف المياسم، وتلونها باللون البنى.

وليزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا العقد فى الطماطم فى الحرارة العالية.. يراجع حسن (١٩٨٨).

ونالت وراثية القدرة على العقد فى الحرارة العالية حظاً وافراً من الدراسة، إلا أن نتائج هذه الدراسات كانت متباينة، وهو ما قد يمكن إرجاعه إلى اختلاف الأصناف المستخدمة فى

تلك الدراسة، وبالتالي اختلاف الصفات المسئولة عن القدرة على تحمل الحرارة العالية في كل منها. كما أن لطريقة الاختبار ذاتها أثرها البالغ في النتائج. ونعرض - فيما يلي - لبعض هذه الدراسات.

أوضحت الدراسات الوراثية على سلالة الطماطم AU160 ذات القدرة على العقد في الحرارة العالية - والصنف Floradel - الذي لا يعقد في هذه الظروف - أن تلك الصفة سائدة جزئياً، وذات درجة توريث منخفضة قدرت بنحو ٥٤٪ على النطاق العريض، وبنحو ٨٪ على النطاق الضيق (Shelby وآخرون ١٩٧٥، ١٩٧٨). وتوصل Villareal & Lai (١٩٧٩) إلى أن تلك الصفة معقدة. وقد بدا أن الجينات المسئولة عنها تتأثر بشدة بالعوامل البيئية (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦).

وقد أجرى El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) دراسة موسعة تضمنت تلقيحات ديايل كامل بين ستة أصناف وسلالات من الطماطم. منها صنف حساس للحرارة المرتفعة وخمسة ذات قدرة على العقد في الحرارة العالية لأسباب متباينة (أي إنها تختلف في طبيعة قدرتها على العقد تحت تلك الظروف)، هي: عدد الأزهار في العنقود، ونسبة العقد، وعدد البذور في الثمرة، ومدى بروز ميسم الزهرة من الأنبوبة السدائية. وقد توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

١ - في درجات الحرارة المعتدلة والعالية.. كانت صفة عدد الأزهار بالعنقود مرتبطة بجينات متنحية، وكانت درجة توريث هذه الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٦٪.

٢ - في الحرارة العالية.. تتحكم في صفة عقد الثمار جينات ذات تأثير إضافي أساساً، وكانت درجة توريث هذه الصفة متوسطة؛ حيث قدرت بنحو ٥٢٪.

٣ - في الحرارة المعتدلة والعالية.. تحددت صفة عقد البذور (معبراً عنها بعدد البذور في الثمرة، وهي مقياس لخصوبة الجاميطات) بتفاعلات بين جينات غير أليلية، وكانت مكونات التباين الوراثي سائدة أساساً، ودرجة توريث الصفة منخفضة؛ حيث قدرت بنحو ٣٠٪.

٤ - فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة بروز الميسم من الأنبوبة السدائية جينات سائدة جزئياً وذات تأثير إضافي، وكانت درجة توريت الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٩٪.

وفى دراسة أخرى شملت تلقيحات نصف داياليل بين سبعة أصناف وسلالات من الطماطم، وجد ما يلي (Hanna وآخرون ١٩٨٢) :

١ - كانت أفضل السلالات فى القدرة على التألف لصفة العقد الجيد فى الحرارة العالية هى S6916، وتلتها السلالة BL 6807، بينما كانت السلالة L401 أقلها فى هذه الصفة.

٢ - كان الفعل الإضافي للجينات أكثر أهمية من الفعل غير الإضافي فى التأثير على صفة العقد الجيد فى الحرارة العالية.

وفى مصر.. وجد - عندما أجريت دراسة وراثية تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقلوبية) - أن صفات العقد والمحصول المبكر والكلى كانت كمية، كما لم يظهر تأثير سيادة للجينات الخاصة بالقدرة على العقد فى هذه الظروف. وقد أظهر الهجين Saladette x Cal Ace VF قوة هجين لصفة المحصول تحت هذه الظروف. وكانت درجات توريت صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى منخفضة جداً فى جميع التلقيحات؛ مما يدل على شدة تأثر هذه الصفات بالعوامل البيئية (Ibrahim ١٩٨٤).

هذا.. وتشير الأدلة إلى أن صفتي القدرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة مرتبطتان ببعضهما، بحيث يكون الصنف القادر على العقد فى الحرارة المرتفعة قادراً - كذلك - على العقد فى الحرارة المنخفضة، وربما تتحكم نفس الجينات فى الصفتين (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦). وكمثال على ذلك.. تميز الصنفان UC82 و Peto 86 - فى مصر - بالعقد والإنتاجية العالية تحت الظروف الطبيعية صيفاً (يونيو ويوليو) وشتاءً (ديسمبر ويناير) (Ibrahim ١٩٨٤).

ويذكر Nuez وآخرون (١٩٨٥) أن أصناف وسلالات الطماطم - التي أنتجت أصلاً للقدرة على العقد في الحرارة المنخفضة - كانت كذلك ذات قدرة جيدة على العقد في الحرارة المرتفعة، ومن أمثلة تلك الأصناف: Farthest North، و Severianin، و Sub Arctic Plenty، و BL 6807. كما أنهم وجدوا أن سلالة الطماطم 0-1-29-0-0-1104 - التي انتخبت في المركز الآسيوي لبحوث وتطوير الخضر لمقاومة الحرارة - كانت كذلك مقاومة للبرودة. ولزيد من التفاصيل عن التربية لعقد ثمار الطماطم في الحرارة العالية، يُراجع Chandler (١٩٨٣).

الفاصوليا

تبعاً لـ Schaff وآخرون (١٩٨٧) فإن سلالات وأصناف الفاصوليا التالية تعد مقاومة للحرارة العالية: P.I. 16516، و P.I. 281711، و P.I. 271997، و P.I. 271998، و P.I. 285695، و P.I. 313241، و P.I. 324607، و P.I. 324616، و Provider، و Bush Blue Lake. وقد تمكن Dickson & Petzold (١٩٨٨، ١٩٨٩) من الانتخاب للقدرة الجيدة على العقد في الحرارة العالية؛ بتعريض نباتات الجيل الأول - أثناء الإزهار - لحرارة عالية، وكان تقديرهما لدرجة توريث هذه الصفة - على النطاق العريض - من ١٩ - ٧٩٪ وعلى النطاق الضيق من صفر - ٢٤٪.

عقد الثمار البكرى

تعنى القدرة على العقد البكرى Parthenocarpic Fruit Set - أي بتكوين ثمار خالية من البنور - القدرة على العقد في جميع الظروف البيئية غير المناسبة، سواء أكانت الحرارة مرتفعة، أم منخفضة.

الطماطم

توجد صفة القدرة على العقد البكرى في عدد من أصناف وسلالات الطماطم. وقد حصل عليها - غالباً - من أحد مصدرين؛ هما: الهجن النوعية بين الطماطم وكل من النوعين

L. hirsutum، و *L. peruvianum*، وباستحداث الطفرات. فمثلاً.. حُصِّلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعي:

Byzon x (Grnutovij Gribovskij x *L. hirsutum*)

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى فى جميع الظروف غير المناسبة للعقد، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية - الذكورية والأنثوية - خصبة بدرجة عالية (Philouze & Mais-sonneuve ١٩٧٨). وقد وجدت Philouze (١٩٨١) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز pat-2؛ تميزاً له عن الجين pat (نسبة إلى Parthenocropy أى العقد البكرى)، الذى وجد فى سلالات أخرى تعقد بكراً. وقد تأكدت وراثته صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين فى دراسات أخرى لكل من Lin (١٩٨٢)، و Hassan وآخرين (١٩٨٧). هذا.. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩) توصلوا من دراستهم إلى أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين يتحكم فيها جينان متحيان، أحدهما الجين pat-2 - وهو جين رئيسى - والآخر هو الجين mp، وهو ثانوى، ويؤثر فى ظهور صفة العقد البكرى عند وجود الجين pat.

وقد عقد هذا الصنف بكراً فى مصر خلال شهرى يناير وفبراير بالقناطر، وتفوق على الأصناف UC 82، و Peto 86، و VF 145-B-7879، و Floradade، وسلالة التربية UC78W29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧). وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية؛ حيث إنها تنتج ثماراً عادية فى الظروف المناسبة للعقد، وثماراً بكرياً فى الظروف غير المناسبة لذلك، مثلما تكون عليه الحال فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهاراً. هذا.. برغم أن الحرارة العالية لم تكن لها تأثيرات سيئة على الجاميطات أو تركيب الزهرة؛ وهو ما يعنى أن الظروف البيئية المحفزة للعقد البكرى تؤثر فى الأنسجة الجرثومية Sporophytic tissues للزهرة، وليس فى أنسجتها الجاميطية gametophytic tissues.

وتأكيداً لذلك.. وجد Scott & George (١٩٨٤) أن المعاملات التي تمنع التلقيح (مثل الخصى، وإزالة الميسم، وإزالة الأطراف البعيدة لكل من قلم الزهرة والأسدية) منعت تكوين البذور، ولكنها لم تمنع عقد الثمار. هذا بينما لم يكن للتلقيح - بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية - أى تأثير فى نسبة العقد البكرى. وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفيريانين وسلالة أخرى - هى PSET-1 - تحمل نفس الجين pat-2، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكرياً - هى RP 75/59 - وتختلف فى جينات العقد البكرى.

وقد درس Hassan وآخرون (١٩٨٧) الاختلافات بين الصنف سيفيريانين والأصناف البذرية UC 82، و VF 145- B- 7879، والهجن بينها فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريلينات الكلية الحرة، ووجدوا أنها تبلغ فى الصنف سيفيريانين نحو ثلاثة أمثال أى من الصنفين الآخرين. ولم تلاحظ فروق واضحة بين نباتات الجيل الأول ونباتات الآباء البذرية، أو بين محتوى الهجن والهجن العكسية فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريلينات الكلية الحرة؛ الأمر الذى يتماشى مع نتائج الدراسات الوراثة من أن الصفة متنحية، ويدل على أهمية المحتوى المرتفع من الجبريلينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم.

هذا.. وكان الجين pat قد ظهر كطفرة فى أحد أصناف الطماطم الإيطالية (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى معاملتها بالـ ethylmethane sulphonate. تبعد هذه الطفرة بمقدار ١٢ وحدة عبور من الجين sha (نسبة إلى Short anthers أى الأسدية القصيرة). كما ظهرت طفرة أليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز sha - pat؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524. وكلتا الطفرتين pat، و sha - pat تنتج ثماراً بكرياً، وتتميز بالعقم الأنثوى. وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى - أطلق عليها اسم Montfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة - كما فى طفرة sha - ولكنها تعقد بكرياً - كما فى الطفرة sha - pat (السلالة 2524). ويتلقيح هذه الطفرة مع السلالة sha - pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثماراً بكرياً؛ مما يدل على أن الطفرة 191 Montfavet - التى ظهرت تلقائياً - تحمل نفس الجين sha - pat الذى يوجد فى السلالة الأصلية (Pecaut & Philouze ١٩٧٨).

وتعد السلالة الألمانية RP 75/59 من السلالات التي تعقد ثماراً بكيرية طبيعية المظهر في الظروف غير المناسبة للعقد، ولكنها تعقد ثماراً طبيعية في الظروف البيئية المناسبة للعقد؛ وهي تتشابه في ذلك مع الصنف سيفيريانين.

وقد أظهرت دراسات Philouze & Maisonneuve (١٩٧٨) بفرنسا أن صفة العقد البكرى في هذه السلالة متنحية، ولا يتحكم فيها أى من الجينات sha، أو pat، أو pat - 2 وتبعاً لـ Ho & Hewitt (١٩٨٦) .. فإن Philouze قد أوضحت عام ١٩٨٢ أن صفة العقد البكرى في السلالة الألمانية RP 75/59 يتحكم فيها ثلاثة جينات متنحية ذات تأثير إضافي، وأكدت ذلك دراسات Vardy وآخرين (١٩٨٩).

وفي الولايات المتحدة.. أنتج Baggett & Fraizer (١٩٨٢) السلالة Oregon 11 التي تعطى ثماراً بكيرية في الجو البارد بنسبة ٦٦٪. تتميز ثمارها البكرية بأنها صلبة ولحمية، ونادراً ما تكون مفصصة، أو تظهر بها جيوب. يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالي ٣٠ جم، ومتوسط قطرها من ٤.٣ سم، ويوجد بها ٤.٢ مساكين؛ وهي جيدة الطعم واللون، ذات جلد سميك ولكنه يتشقق أحياناً. كذلك أنتجت السلالة Oregon T5 - 4 التي تعقد ثماراً بكيرية بنسبة ٣٠٪ في الجو البارد، وثماراً عادية في الجو العادي، إلا أنها تختلف عن الصنف سيفيريانين في احتياج أزهارها إلى التلقيح لكي تعقد بكيراً في الجو البارد.

وقد وجد Kean & Baggett (١٩٨٦) أن صفة العقد البكرى في هذه السلالة متنحية، ويتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، يختلفان عن الجين pat - 2. هذا.. وقد اكتسبت سلالات أوريجون صفة العقد البكرى من الصنف الكندي Farthest North.

وبينما لا توجد - حالياً - أصناف تعقد بكيراً وتصلح للزراعة التجارية إلا أن تلك الصفة تتوفر في عدة مصادر، ويمكن تقسيمها - حسب درجة العقد البكرى بها - كما يلي (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

١ - درجة العقد البكرى منخفضة، وتتوفر في : Atom، و Bubjekosoko،

و Sub Arctic Plenty، و Oregon Cherry، و Pobeda.

٢ - درجة العقد البكرى متوسطة، وتتوفر فى: *Lycopers*، و *Earlinorth*، و *Oregon T 5*، و *Parteno*، 4.

٣ - درجة العقد البكرى عالية، وتتوفر فى: *RP 75/59*، و *Severianin*.

الخيار

تعقد سلالات الخيار البكرية العقد ثماراً فى الظروف البيئية القاسية التى لا تناسب عقد الثمار فى الأصناف العادية. كما تناسب هذه الصفة الصوبات؛ حيث لا تتوفر الحشرات الملقحة والأصناف الأنثوية التى لا تتوفر بها الأزهار المذكورة.

وقد وجد *Pike & Peterson* (١٩٦٩) أن صفة العقد البكرى فى الخيار يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، يأخذ الرمز *Pc*؛ حيث: *PcPc*: تظهر الثمرة البكرية الأولى قبل العقدة الخامسة، و *PcpC*: تظهر الثمار البكرية بعد ذلك وتكون أقل عدداً، و *pcpc*: لا تظهر أية ثمار بكرية. ويتأثر فعل هذا الجين بكل من الخلفية الوراثية والعوامل البيئية.

وفى دراسة أخرى على عدد من سلالات الخيار - التى تختلف فى درجة العقد البكرى - وجد *Ponti & Garrrtsen* (١٩٧٦) أن صفة العقد البكرى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية ذات تأثير إضافى، مع ارتباط هذه الجينات بالجينات المتحكم فى صفات الأنوثة.

التربية للاستجابة للفترة الضوئية السائدة

ربما لاتعد الفترة الضوئية السائدة من العوامل البيئية القاسية بالنسبة للإنسان، ولكنها قد تكون كذلك بالنسبة للنبات. فمعظم النباتات لاتناسبها الفترة الضوئية الشديدة القصير؛ لعدم تمكنها من تصنيع ما يكفيها من الغذاء للنمو الجيد تحت هذه الظروف. كما أن بعض النباتات لاتتمو نموا اقتصاديا إلا إذا توفرت لها فترات ضوئية بطول معين. فالبصل يتطلب نهاراً طويلاً لكي يكون أبصلاً، والبطاطس تسرع بوضع درناتها في النهار القصير، والشليك ينتج مدادات في النهار الطويل.. والأمثلة كثيرة في هذا الشأن، ولكن ما يهمنا هو الاختلافات الوراثية - داخل تلك الأنواع النباتية - في الاستجابة للفترة الضوئية السائدة.

كذلك لايمكن لعديد من النباتات أن تزهر وتنتج محصولاً اقتصادياً من الثمار، أو تكمل دورة حياتها بإنتاج البنور إلا إذا توفرت لها فترات ضوئية بطول معين. ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذا الأمر - من الوجهة الفسيولوجية - في حسن (١٩٨٨)، ولكن ما يهمنا - حالياً - هو مدى توفر الاختلافات الوراثية - داخل النوع الواحد - في الاستجابة للفترة الضوئية، بحيث يمكن زراعة بعض أصنافه أو سلالاته تجارياً في مناطق ومواسم لا تتوفر فيها الفترة الضوئية المناسبة للنوع - بصورة عامة - لكي ينمو وينتج محصولاً اقتصادياً.

وأكثر الطفرات أهمية لمربي النباتات - في هذا الشأن - هي تلك التي تجعل النبات يفقد حساسيته للفترة الضوئية، بحيث يمكنه الإزهار والنمو الاقتصادي في جميع الفترات الضوئية التي قد يتعرض لها.

وراثية الاستجابة للفترة الضوئية

يستدل من معظم الدراسات - التي أجريت في هذا المجال - على أن صفة الحساسية للفترة الضوئية Photosensitivity في النباتات الزهرية يتحكم فيها - غالباً - جين واحد، أو عدد قليل جداً من الجينات. فمثلاً.. يتحكم جين واحد سائد في الحساسية للفترة الضوئية (عند الإزهار) في كل من الأرز، والقطن *Gossypium barbadense*، والبرسيم Subterranean clover، والقمح الكندي، والبسلة السكرية، والجوت، ويتحكم جين واحد متنح في الحساسية للفترة الضوئية في كل من البامية، والخيار، والقطن *G. hirsutum*. هذا.. بينما يتحكم زوجان من الجينات في الاستجابة للفترة الضوئية في كل من البسلة، وبعض الأقماح السداسية، ويتحكم ثلاثة أزواج في صفة الحساسية للفترة الضوئية القصيرة في السمسم.

وقد وجدت الطفرات غير الحساسة للفترة الضوئية (المحايدة للفترة الضوئية) في عشائر طبيعية من نباتات النهار الطويل، وعشائر أخرى من نباتات النهار القصير، كما أمكن استحداث تلك الطفرات صناعياً - في بعض الحالات - بواسطة العوامل المطفرة (عن Ahmadi وآخرين ١٩٩٠).

الأساس الفسيولوجي للاستجابة للفترة الضوئية، أو عدم الحساسية لها

يعتقد بعض الباحثين في وجود هرمون للإزهار وآخر مضاد للإزهار (أطلقوا عليهما الاسمين florigen و antiflorigen على التوالي، يتحكمان في استجابة أو عدم حساسية النباتات للفترة الضوئية، بينما يعتقد آخرون أن عدم إنتاج النبات لمواد معينة مثبطة للإزهار، أو استبعاد تلك المواد يؤدي إلى جعله محايداً للفترة الضوئية.

التقدم في جهود التربية للاستجابة للفترة الضوئية

نستعرض - فيما يلي - جهود التربية التي بذلت في بعض الأنواع المحصولية للتعرف على وراثية استجابتها للفترة الضوئية، ومحاولة تربية سلالات منها محايدة لتلك الفترة.

الفاصوليا

بدراسة عدد من أصناف الفاصوليا التي نُميت في حرارة $16 \pm 2^\circ\text{C}$ نهاراً، و $21 \pm 2^\circ\text{C}$ ليلاً. وجد أن فترة إضاءة طولها ١٥ ساعة - مقارنة بفترة إضاءة طولها ١٠ ساعات - أدت إلى تأخير الإزهار بمقدار ٤٧ يوماً في الصنف Nebraska sel. 27، وبمقدار ٤٨ يوماً في السلالة P.I. 207262، بينما لم يتأثر موعد إزهار الأصناف الأخرى المختبرة باختلاف الفترة الضوئية. وتبين أن صفة التأخير في الإزهار - عند زيادة الفترة الضوئية - يتحكم فيها عامل وراثي واحد متنح (Coyne ١٩٧٨).

وفي دراسة أخرى.. كان الصنف G.N. 1140 - تحت ظروف الحقل - مبكراً في الإزهار، بينما كانت السلالة P.I. 165078 متأخرة الإزهار. وتبين بالدراسة الوراثية أن صفة الإزهار المبكر بسيطة وسائدة. أما تحت ظروف حجرات النمو.. فلم تلاحظ أية فروق في موعد الإزهار بين الصنف والسلالة إلا عندما كان النهار الطويل (١٤ ساعة) مصاحباً بدرجة حرارة مرتفعة ($29,4^\circ\text{C}$ نهاراً، و $26,7^\circ\text{C}$ ليلاً) (Coyne ١٩٧٠).

كذلك لوحظت اختلافات وراثية بين صنفى الفاصوليا Red، Great Northern UI 1، و Kidney في الاستجابة للفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار. فالصنف Great Northern UI 1 (اختصاراً: GN) أزهر - بصورة طبيعية - في كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بحرارة عالية، بينما تأخر إزهاره في إضاءة ١٨ ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة منخفضة مقدارها 21°C نهاراً، و 16°C ليلاً. أما الصنف Red Kidney (اختصاراً: RK) فقد أزهر بصورة طبيعية في كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بدرجة حرارة منخفضة مقدارها 21°C نهاراً، و 16°C ليلاً، أو حرارة متوسطة مقدارها 27°C نهاراً، و 21°C ليلاً، بينما تأخر إزهاره في إضاءة ١٨ ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة مرتفعة تزيد على 29°C نهاراً، وتزيد على 21°C ليلاً.

وتبين - بالدراسة الوراثية - أن الصنفين يختلفان في زوجين من العوامل الوراثية، وهما

الزوجان اللذان يستجيبان لمعاملات الفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار؛ فالصنف RK يحتوى على جين سائد - أعطى الرمز Ht - يؤدي إلى تأخير الإزهار في النهار الطويل الذي يكون مصاحباً بدرجة حرارة تزيد على ٢٩م، بينما يحتوى الصنف GN على جين آخر سائد كذلك - أعطى الرمز Lt - يؤدي إلى تأخير الإزهار - في النهار الطويل الذي يكون مصاحباً بدرجة حرارة تقل عن ٢٤م. أما الجيل الأول الناتج من التهجين بينهما - الذي يكون تركيبه الوراثي Ht ht Lt lt - فإنه يتأخر في الإزهار في ظروف النهار الطويل أياً كانت درجة الحرارة المصاحبة له.

وقد أظهرت الدراسة التشريحية أن مبادئ الأزهار تكونت بصورة طبيعية في كل درجات الحرارة والفترات الضوئية، وأن التأخير لم يكن سوى في ظهور الأزهار (Padma & Munger ١٩٦٩).

الخيار

إن الخيار نبات محايد بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية في الإزهار، ولكن محاولة الاستفادة من الصنف النباتي *C. melo* var. *hardwickii* في التربية تثير مشكلة تأثره بالفترة الضوئية؛ لكونه نباتاً قصير النهار. وقد وجد Vecchi & Peterson (١٩٨٤) أن هذه الصفة - في السلالة P.I. 215589 - يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز df. وذكر الباحثان أن هذا الجين ربما يكون أليلاً للطفرة df (delayed flowering)، التي كانت قد اكتشفت من قبل في الصنف Baroda، والتي تؤدي إلى تأخير الإزهار إلى أن يحل النهار القصير شتاء.

البطاطس

تحتاج البطاطس - من تحت النوع *S. tuberosum* ssp. *andigena* المزروع في أمريكا الجنوبية - إلى نهار قصير لتكوين الدرنات. أما البطاطس التجارية *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* فإنها تبكر بتكوين الدرنات في النهار القصير، بينما يمكنها إنتاج الدرنات في النهار الطويل؛ لذا.. فإنه ينظر إليها على أنها محايدة بالنسبة للفترة الضوئية اللازمة لوضع الدرنات.

وقد أنتج التهجين بينهما نسلاً وسطاً في احتياجاته من الفترة الضوئية لتكوين الدرنات، مع سيادة قليلة لصفة الحاجة إلى النهار القصير (Howard ١٩٦٩).

الشليك

اكتشف الباحثون الأوروبيون طرزاً ثنائية من الجنس *Fragaria* دائمة الإزهار - Perpetual "flowering" types - أي محايدة للفترة الضوئية - في القرن السابع، وتلا ذلك اكتشاف عديد من السلالات الثنائية المماثلة. وقد تبين أن صفة عدم الاستجابة للفترة الضوئية يتحكم فيها جين واحد متنح في النوع الأوروبي الثنائي التضاعف *E. vesca*.

وتوضح الدراسات وجود ثلاثة مصادر مستقلة لأصناف الشليك الثنائي التضاعف (*Fragaria x ananassa*) غير الحساسة للفترة الضوئية، هي كما يلي :

١- الأصناف الأوروبية الدائمة الحمل Everbearing (المحايدة للفترة الضوئية = غير الحساسة للفترة الضوئية).. وهي التي حصلت على تلك الصفة من بادرات الصنف Gloede التي أدخلت إلى فرنسا في عام ١٨٦٦.

٢- وجد المصدر الثاني لعدم الاستجابة للفترة الضوئية في الشليك الثنائي التضاعف كطفرة وراثية، أو بادرة ناتجة من الإكثار الجنسي في الصنف بسمارك Bismark في ولاية نيويورك الأمريكية في عام ١٨٩٨.

٣- أما المصدر الثالث لعدم الاستجابة للفترة الضوئية فقد حصل عليه Bringham & Voth في عام ١٩٨٠ بعدما قاما بجمع نباتات متأخرة الإزهار من *F. virginiana glauca* (من ولاية يوتا الأمريكية)، واستخدماه في برنامج للتربية، حيث انتخبا نباتات محايدة للفترة الضوئية من نسل التلقيح الرجعي الأول إلى آباء قصيرة النهار (عن Ahmadi وآخرين ١٩٩٠).

وقد قام Ahmadi وآخرون (١٩٩٠) بتهجين أصناف ثمانية التضاعف من الشليك محايدة للفترة الضوئية مع سلالات ثمانية التضاعف قصيرة النهار من الأنواع: *E. x ananassa* ، و

يتحكم فيها جين واحد سائد يظهر في الجيل الأول الهجين مع مختلف أنواع الجنس *Fragaria* .

ويبدو أن الطرز الأوروبية الثنائية التضاعف غير الحساسة للفترة الضوئية - التي وجدت في النوع *E. vesca* - قد نشأت مستقلة، نظراً لأن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية في هذا النوع متنتحية. هذا بينما لم يمكن اكتشاف طرز غير حساسة للفترة الضوئية في نباتات النوع *E. vesca* التي تنمو برياً في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وكانت صفة الحساسية للفترة الضوئية في العشائر الأمريكية لهذا النوع كمية، ويتحكم فيها ثلاثة جينات سائدة.



التربة لتحمل ملوحة التربة ومياه الري

تعرف الأراضي غير الصالحة للزراعة باسم «الأراضي ذات المشاكل Proplem Soils»، وهي الأراضي التي يوجد فيها انحراف حاد - عن المجال المناسب للنمو النباتي الطبيعي - في واحد أو أكثر من العوامل البيئية الأرضية، مثل : الملوحة الأرضية، والرطوبة الأرضية، والعناصر الغذائية، والـ pH.

وتوجد ثلاثة بدائل للاستفادة من تلك الأراضي ذات المشاكل، وهي:

١- إصلاح التربة.. وهي طريقة تتبع بنجاح عندما يكون الانحراف في العامل البيئي قليلاً، ولكنها لا تكون اقتصادية إذا كان الانحراف كبيراً.

٢- استخدام التربة ذات المشاكل في زراعة أنواع برية من النباتات يمكنها النمو فيها، على أن يتم استئناسها لصالح الإنسان، بهدف استخلاص مركبات غذائية، أو دوائية منها، أو الاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية، أو لإنتاج الزيوت أو المركبات الأخرى التي تدخل في الصناعة.. ويحظى هذا الاتجاه باهتمام كبير في الوقت الحاضر، وهو يهمننا - في مجال تربية النبات - لأن استئناس النباتات Plant Domestication لصالح الإنسان يعد أحد أهداف المربي.

٣- تربية نباتات تتحمل الانحرافات في العوامل البيئية الأرضية، ليتمكن زراعتها بنجاح في هذه الأراضي.. وهو موضوع هذا الفصل والفصلين التاسع والعاشر من هذا الكتاب.

الأراضي الملحية، ومشاكلها، وكيفية استغلالها في الزراعة أهمية استخدام النباتات التي تتحمل الملوحة في الزراعة

تؤدي قلة الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة إلى الاعتماد على الري في الزراعة، الذي يؤدي - مع مرور الوقت - إلى تراكم الأملاح في التربة، فتصبح بذلك ملحية، وتقل صلاحيتها للزراعة. ويرجع ذلك إلى ما تحتويه مياه الري من أملاح لا يتم التخلص منها بالغسيل. فمثلاً.. تقدر كمية الأملاح التي توجد في المياه التي تستخدم في ولاية كاليفورنيا الأمريكية بنحو ١٠ ملايين طن سنوياً، في الوقت الذي تستخدم فيه نحو ٩٠٪ من تلك المياه في الزراعة (عن Norlyn ١٩٨٠). كما توجد في مختلف أنحاء العالم أراض عالية الملوحة غير صالحة للزراعة. وفي حالات كهذه.. لا يفيد إصلاح التربة بالوسائل الهندسية في التخلص التام من مشكلة الملوحة، وإنما في تجنبها فقط، بالرغم من التكلفة العالية لتلك الوسائل. ولا يتحقق الاستغلال الأمثل لتلك الأراضي إلا بزراعتها بالأنواع والأصناف التي تتحمل الملوحة.

وتفيد - كذلك - زراعة تلك النباتات التي تتحمل الملوحة في توفير في كل من مياه الري (لعدم الحاجة إلى غسيل الأملاح في كل رية)، وتكاليف الإصلاح الدوري للتربة (بزيادة فتراتها). كما يمكن ري تلك النباتات بالمياه الأقل جودة، وتوفير المياه ذات النوعية الجيدة (المنخفضة الملوحة)؛ لري الأنواع والأصناف الأكثر حساسية للملوحة.

ويمكن - كذلك - زراعة النباتات التي تتحمل الملوحة بالاعتماد على المياه الجوفية التي ترتفع فيها نسبة الأملاح، وفي المناطق الساحلية التي يؤدي كثرة سحب المياه الجوفية منها إلى زيادة ملوحتها بسبب اختلاطها بمياه البحر، وفي الصحارى الساحلية التي يمكن ريها بمياه البحر مباشرة.

ولكن ينبغي أن نضع في الحسبان أن هذه النباتات التي تتحمل الملوحة يكون نموها - غالباً - أفضل، ومحصولها أعلى إذا ما زرعت في أراض غير ملحية. ولكنها - بالرغم من

ذلك - تنمو بصورة مرضية، وتنتج محصولاً اقتصادياً في الأراضي الملحية في الوقت الذي لا يمكن للنباتات الحساسة أن تنمو فيها، ويستثنى من ذلك النباتات الملحية Halophytes بطبيعتها، التي يكون نموها - غالباً - أفضل في ظروف الملوحة العالية.

تقديرات مساحة الأراضي الملحية والرملية

تُقدر مساحة الأراضي الملحية - على مستوى العالم - بنحو ٤٠٠ - ٩٥٠ مليون هكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ م² = ٢,٣٨ فداناً). أما الأراضي المروية.. فتقدر بنحو ٢٣٠ مليون هكتار، وتقدر المساحة المتأثرة منها بالملوحة بنحو الثلث، أي حوالي ٧٥ مليون هكتار (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠). وفي باكستان وحدها - على سبيل المثال - تبلغ جملة مساحة الأراضي المروية حوالي ١٥ مليون هكتار، أصبح نحو ١٠ ملايين هكتار منها ملحية، أو رديئة الصرف إلى درجة دخول آلاف الهكتارات سنوياً ضمن الأراضي غير الصالحة للزراعة (عن Jones ١٩٨١).

وتقدر مساحة الصحارى الساحلية بنحو ٣٠ ألف كيلو متراً مربعاً، بينما تقدر مساحة الكثبان الرملية - على مستوى العالم - بنحو ١,٣ بليون هكتار، وتشكل كلتا المساحتين نحو ٩٪ من مساحة اليابسة في الكرة الأرضية. ولا يعرف - على وجه التحديد - نسبة الجزء الذي يمكن زراعته من تلك المساحات الشاسعة بالنباتات المحبة للملوحة، أو بالأصناف التي تتحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

أضرار الملوحة العالية

تظهر الآثار السلبية للملوحة العالية في ثلاثة جوانب كما يلي :

١- بناء التربة Soil Structure :

تؤثر التركيزات العالية للأملاح - وخاصة عند زيادة نسبة ادمصاص الصوديوم إلى

الكاتيونات الأخرى على سطح غرويات الطين - تأثيراً سيئاً على الصفات الفيزيائية للتربة، حيث تنشئت الحبيبات الصغيرة (المكونة للتجمعات الكبيرة)، وتصبح مفردة؛ الأمر الذي يقلل كثيراً من حجم مسام التربة، ويضعف نفاذيتها للماء.

٢- التفاعل بين التربة والجذور Soil / Root Interactions:

تجعل التركيزات العالية للأملاح في المحلول الأرضي امتصاص النبات للماء والعناصر أمراً صعباً؛ بسبب زيادة الضغط الأسموزي للمحلول الأرضي، والتنافس الكيميائي بين أيونات الأملاح وأيونات العناصر المغذية على الامتصاص.

٣- داخل النبات :

تؤدي زيادة امتصاص النبات للأملاح إلى تواجدها بتركيزات عالية في أنسجة النبات بصورة عامة، وفي السيتوبلازم، والفجوات العصارية بصورة خاصة؛ الأمر الذي يترتب عليه ما يلي:

أ - تثبيط النشاط الأيضي.

ب - التضارب مع تمثيل البروتين.

ج - فقد الخلايا للماء.

د - انغلاق الثغور.

هـ - شيخوخة الأوراق مبكراً.

ويؤدي عدم التوازن بين تركيز الأملاح في كل من السيتوبلازم والفجوات العصارية إلى زيادة التأثير الضار للأملاح الزائدة؛ فتصبح سامة للنبات، بالرغم من أن تركيزها العام في النسيج النباتي قد يكون معتدلاً (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

النباتات المحبة للملوحة وأوجه الاستفادة منها

تعريف بالنباتات المحبة للملوحة

يقدر عدد النباتات المغطاة البذور المحبة للملوحة halophytes بما لا يقل عن ٨٠٠ نوع نباتي تتوزع على أكثر من ٢٥٠ جنساً. ويمثل هذا العدد من الأجناس نحو ٦٪ من جميع أجناس مغطاة البذور (عن Austin ١٩٨٩).

ومن الأمثلة البارزة للنباتات الزهرية المحبة للملوحة ما يلي :

- ١- أنواع المانجروف Mangrove : مثل : Avicennia، و Aegilitis، و Rhizophora.
- ٢- «حشائش» البحر المغمورة بالماء: مثل : Halophila، و Posidonia، و Zostera.
- ٣- بعض أنواع عدد من العائلات الهامة، مثل العائلة الرمامية (عن Jones ١٩٨١).

تنمو النباتات المحبة للملوحة - سواء أكانت تلك التي تعيش في مياه البحر، أم على اليابسة - في أوساط لا يقل تركيز الأملاح فيها عن ٤٠ ألف جزء في المليون ($EC = ٦٢,٥$ مللي موز)، وهو تركيز أعلى بكثير مما يمكن أن تتحمله المحاصيل الزراعية كما يتبين من جدول (٨ - ١).

أوجه الاستفادة من النباتات المحبة للملوحة

إن تربية واستنباط أصناف قادرة على تحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية المعروفة لزراعتها في الأراضي المتأثرة بالملوحة ليس أكثر من تأخير لعملية استصلاح الأرض، التي يجب أن تجرى بعد حين؛ للتخلص من ملوحتها الزائدة. فمع مرور الوقت - أثناء زراعة تلك الأصناف - مع إهمال إصلاح التربة، يزداد تراكم الأملاح فيها إلى أن تصل إلى مستوى أعلى مما يمكن أن تتحمله هذه الأصناف.

جدول (٨ - ١) مدى تحمل الملوحة في مختلف فئات المحاصيل الزراعية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الغلة المحصولية	المحصول	تركيز الأملاح (EC) الذي يؤدي إلى نقص المحصول بنسبة ٥٠ %
الحبوب	الذرة	٥,٨
	الأرز	٧,٠
	القمح	١٣,٠
	الشعير	١٨,٠
الخضر	الفاصوليا	٣,٧
	السبانخ	٨,٥
نجليات العلف	الشليم البري	١٠,٨
	حشيشة القمح الطويلة	١٩,٥
محاصيل أخرى	فول الصويا	٧,٥
	بنجر السكر	١٥,٥
	القطن	١٧,٥

أما النباتات المحبة للملوحة فإنها تنمو بصورة طبيعية في الأراضي الشديدة الملوحة، بل إن نمو بعضها يتأثر سلباً لو أنها زرعت في أوساط قليلة الملوحة.

ولقد استفاد الإنسان - بالفعل - من بعض هذه النباتات، قبل أن يتمكن من تطوير الطرق المناسبة لإنتاجها. فيذكر أن الهنود الحمر في المكسيك استخدموا بنور النبات *Zostera marina* كغذاء لهم، وهو نبات ينمو مغموراً تماماً في مياه البحر. كذلك استفاد

الإنسان في السواحل الاستوائية من نباتات المانجروف التي كان يجمعها لاستخدامها كوقود (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

ولعل أكثر ما يجذب الباحثين إلى دراسة هذه النباتات هو استثناسها، وتطوير التقنيات الزراعية المناسبة لها؛ للاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية. ولكن تحقيق ذلك يتطلب خلوتك النباتات من التركيزات العالية من أيوني الصوديوم والكلور، أو إيجاد الوسائل المناسبة لتخليصها منها.

ومن أبرز الأمثلة للنباتات التي تجرى محاولات لاستثناسها - بهدف الاستفادة منها كغذاء للإنسان أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات دوائية، أو غيرها من المركبات - منها، مايلي:

١- النبات *Spartina alterniflora* :

ينمو برياً بكثرة في الأراضي الملحية بشرقي الولايات المتحدة. بنوره صغيرة يبلغ متوسط وزنها ٢,٥ مجم، وتحتوى على نحو ١٥٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ويبدو أن له مستقبلاً كمحصول علف.

٢- النبات *Chenopodium album* (Lamb's quarters) :

نبات حولى ينتج بنورا بكثرة تحتوى على نحو ١٧٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ينمو النبات جيداً عند ريه بالمياه العالية الملوحة. وقد استخدم النبات الأخضر كغذاء للإنسان، كما أنه يشبه كثيراً النبات *Chenopodium quinoa* الذى يستخدمه الهنود الحمر - بأمريكا الجنوبية - كغذاء. تحتوى بنور النبات الأخير على بروتين ذى قيمة بيولوجية عالية بنسبة ١٠-١٢٪ على أساس الوزن الجاف، ولكنه لا يتحمل الملوحة. ومع ذلك فإن النوعين يمكن أن يهجنوا معاً؛ لإنتاج طرز صالحة للاستهلاك وتتحمل الملوحة.

٣- النبات *Kosteletzky virginica* (Seashore mallow) :

ينمو فى الأراضى العالية الملوحة، وينتج بذوراً بكثرة، تقترب فى حجمها من بذور القمح، وتحتوى على نحو ٢٢٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف.

٤- النبات *Spartina patens* :

تتوفر منه ثلاث سلالات على درجة عالية من التحمل للملوحة، تصلح واحدة منها - على الأقل - لزراعتها كمحصول علف، وخاصة فى الأراضى الرملية.

٥- النبات *Distichlis spicata* :

يتحمل تركيزات عالية جداً من الملوحة، وهو وحيد الجنس ثنائى المسكن، واستعمله الهنود الحمر كغذاء، وربما يكون له مستقبل كمحصول علف.

كما يوجد نبات آخر قريب منه هو *D. palmeri* ينمو على الشواطئ فى خليج كاليفورنيا، واستخدام أيضاً كغذاء بواسطة الهنود الحمر.

إن معظم تلك النباتات يمكن أن يكون لها مستقبل كمحاصيل علف، كما أن بعضها يمكن أن يطور لإنتاج حبوب صالحة للاستهلاك الأدمى، وخاصة بعد خلطها مع الحبوب التقليدية (Somers ١٩٧٩).

٦- العشب المحب للملوحة *Batis spp.* :

جربت زراعة هذا النبات المحب للملوحة (شكل ١٨، يوجد فى آخر الكتاب) فى عدة دول، منها الولايات المتحدة (ولاية أريزونا)؛ والإمارات العربية المتحدة. تكون زراعته فى الأراضى الرملية بالقرب من سواحل البحار؛ حيث يروى بمياه البحر مباشرة، ويزرع لأجل بذوره، ونمواته الخضرية التى تخلص من بللورات الملح (التي توجد فى سيقان النبات)، وتجهز على صورة بالات لاستخدامها كغذاء للماشية.

يحصد النبات بعد نحو ٢٠٠ يوم من زراعته، ثم يدرس لفصل البنور الناضجة عن القش. تستخدم السيقان المقطوعة كعلف للحيوانات الزراعية والداجنة، حيث يمكن الحصول على ١٥ طناً من الحشيش من الهكتار الواحد بعد إزالة الأملاح منه. ويضاف إليه كسب البنور (بعد استخلاص الزيت منها) لزيادة قيمته الغذائية كعلف. أما النباتات التي تحصد قبل نضج البنور فإنها تحتوى على بروتين بنسبة ١٢-١٤٪.

يشكل الزيت نحو ٣٠٪ من حجم البذرة، ويمتاز بنوعيته الجيدة، وهو يشبه - إلى حد كبير - زيت بذرة القرطم، وتكاد الكميات المنتجة منه تعادل تلك الكميات المستخلصة من فول الصويا على أساس وحدة المساحة المزروعة. أما مسحوق البنور فإنه يحتوى على ٤٣٪ بروتيناً (الزراعة فى العالم العربى - المجلد الثانى - العدد ٨/٧).

وإضافة إلى ماتقدم ذكره من نباتات محبة للملوحة يُعرفُ عديد من النباتات الأخرى التى تتحمل الجفاف، والتى يأتى بيانها تحت هذا الموضوع. وتتفاوت تلك النباتات فى مدى تحملها للملوحة، ونكتفى - حالياً - بذكر الأمثلة التالية :

١- نبات الجوايال Guayle :

يسمى - علمياً - *Parthenium argentatum* ، وهو نبات معمر يزرع لأجل إنتاج المطاط، يتحمل الملوحة إلى حد ما.. فبرغم أن الملوحة تقلل من الإنبات ونمو البادرات، إلا أن النباتات البالغة أكثر تحملاً للملوحة، وتنمو بصورة جيدة عند ريها بمياه ملحية (عن Fangmeier وآخرين ١٩٨٤).

٢- الهوهوبا Jojoba :

يُحصل منه على دهون عالية الجودة، تشبه الدهون التى تستخرج من بعض الحيتان، ولها استخدامات كثيرة فى الصناعة. يتحمل الجفاف بدرجة عالية؛ كما أنها تعد من النباتات التى تتحمل الملوحة (عن Univ. Arizona ١٩٨٠).

الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فى النباتات

طبيعة تحمل الملوحة فى النباتات المحبة للملوحة

تنمو النباتات المحبة للملوحة - غالبا - فى بيئات تحتوى على كلوريد الصوديوم بتركيز ١٠٠-٢٥٠ مول/م^٣ (يحتوى ماء البحر على نحو ٥٠٠ مول كلوريد الصوديوم /م^٣)، مع تواجد بعض الأيونات السامة الأخرى أحيانا. فإذا أخذنا كلوريد الصوديوم فقط فى الحسبان، وافترضنا أن نسبة النتج إلى البناء الضوئى (وزن الماء المفقود بالنتج إلى الوزن الجاف للمادة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها) هى ٣٠٠ (وهى نسبة واقعية)، وأن تركيز الأملاح فى بيئة نمو النباتات هو ٢٠٠ مول/م^٣.. نجد أنه مقابل كل جرام من المادة الجافة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها، فإن عليه أن يتعامل مع ٣,٥ جم من كلوريد الصوديوم؛ إما بالتخلص منها، أو بمنع تأثيرها السام.

ويمكن بيان خطوط دفاع النباتات ضد الكميات الهائلة التى يمتصها من كلوريد الصوديوم - مرتبة حسب أهميتها فيما يلى:

١- تمييز النباتات ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاصها للماء الأرضى الملح.

٢- حجز الأملاح فى الفجوات العصارية، ويظهر ذلك - مورفولوجيا - على صورة أعضاء نباتية عصيرية succulent توجد فيها نسبة عالية من الماء إلى المواد العضوية الجافة. وقد يحدث هذا الحجز للأملاح فى الأوراق المسنة. ولا يعتقد أن تلك الوسيلة يمكن أن يكون لها أهمية كبيرة فى تجنب أضرار الأملاح الزائدة فى المحاصيل الاقتصادية.

٣- يوجد فى بعض النباتات تراكيب متخصصة لفرز وطرح الأملاح منها، كما فى النجيليات المحبة للملوحة، وهى نباتات لاهى بالعصيرية، ولا يوجد فيها فجوات عصارية كبيرة (عن Austin ١٩٨٩).

ونجد فى أوراق بعض النباتات (مثل الجنس *Atriplex*) تراكيب متخصصة تعرف باسم الغدد الملحية *Salt Glands* ، أو المثانات الملحية *Salt Bladders* تتجمع فيها الأملاح من الأنسجة المحيطة بها، ثم تفرز منها بتركيزات عالية إلى سطح الأوراق؛ حيث تغسل من عليها بواسطة الندى أو ماء المطر.

٤- تُسقط بعض النباتات الصحراوية المحبة للملوحة أوراقها عند زيادة محتواها من الأملاح عن مستوى معين؛ الأمر الذى يمنع تراكم الأملاح فى باقى أجزاء النبات. وبالرغم من أن هذا الأسلوب فى التخلص من الأملاح نو كفاءة عالية، إلا أن قيمته الزراعية - فى المحاصيل الاقتصادية - مشكوك فيها (عن Rains ١٩٧٩).

٥- يمكن للنباتات أن تؤمن لنفسها توازناً أسموزياً *Osmoregulation* داخليا عن طريق خاصية النفاذية الاختيارية للأغشية الخلوية التى قد تسمح بمرور أيون معين إلى داخل الخلية، وتمنع أيوناً آخر، وقد تعمل على نقل أيون ثالث خارج الخلية. ويكون اختيار الأغشية الخلوية للأيونات التى تسمح بنفاذها حسب أهميتها للنبات ومدى حاجته إليها. ويكون للأغشية الخلوية المعرضة للبيئة الخارجية (فى الشعيرات الجذرية) دورها فى تحديد الأيونات التى يُسمح بمرورها إلى داخل النبات عندما يكون تركيز الأملاح منخفضاً أو متوسطاً. أما عند زيادة تركيز الأملاح فإن الكميات الممتصة من الأيونات غير المرغوب فيها يزداد بصورة غير مناسبة؛ الأمر الذى يستتبع قيام الأغشية الخلوية الداخلية بعملية التنظيم الأسموزى فى الفجوات العصارية (Rains ١٩٨١).

٦- يعرف كثير من الأنواع النباتية - التى يرتبط تحملها للتركيزات العالية من كلوريد الصوديوم - بقدرتها على استبعاد أيون الكلور، أو أيون الصوديوم، أو كليهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال أنظمة فيزيائية كيميائية خاصة، والتى منها إفراز الصوديوم من الجذور إلى التربة مرة أخرى، وقيام خلايا متخصصة من برانشيمية الخشب بالامتصاص.

ومن أمثلة تلك النباتات ما يلي (عن Jones ١٩٨١):

النوع النباتي	الأيون المستبعد
الشعير	الكلور والصوديوم
<i>Festuca rubra</i>	الكلور والصوديوم
القمح <i>Triticum aestivum</i>	الكلور والصوديوم
<i>Agropyron elongatum</i>	الكلور والصوديوم
فول الصويا	الكلور
الأفوكا	الكلور
العنب	الكلور
الحمضيات	الكلور والصوديوم
الفواكه ذات النواة الحجرية	الكلور والصوديوم

الانتظيم الآسموزي وأهميته

نجد أن معظم النباتات الثنائية الفلقة المحبة للملوحة halophytes عصيرية succulent، ويتراكم في فجواتها العصيرية تركيزات عالية من أيوني الصوديوم والكلور. كما يكون تركيز هذين الأيونين في سيتوبلازم هذه النباتات أعلى مما في النباتات العادية (القلية أو المتوسطة التحمل للملوحة mesophytes).

ولكى تحقق تلك النباتات توازناً آسموزياً بين الفجوات والسيتوبلازم.. يتراكم بسيتوبلازم خلاياها تركيزات عالية جداً من المواد العضوية الذائبة organic solutes، مثل البرولين Proline، والجليسين بيتين glycinebetaine، والسوربيتول Sorbitol، والجليسرول، وحامض الأوكساليك، والبيتين betaine، وغيرها حسب النوع النباتي. كما أن الأحماض العضوية ذات

الشحنة السالبة - مثل حامض الأوكساليك - تعمل على إحداث توازن مع أيونات الصوديوم المتراكمة ذات الشحنة الموجبة، ويعرف ذلك باسم التنظيم الآسموزى Osmoregulation.

ومن المعلوم أن نشاط عديد من الإنزيمات يتأثر سلبيا بالمركبات الذائبة غير العضوية، بينما يكون ضرر المركبات العضوية الذائبة معدوماً أو قليلاً فى التركيزات العالية.

وبالرغم من الدراسات العديدة التى أجريت على موضوع التنظيم الآسموزى فى النباتات، فإنه لا يوجد اتفاق بين الباحثين لا على دوره، ولا على أهميته.. حتى لقد ذكر البعض منهم أن تراكم البرولين والجليسين بيتين يكون مصاحباً بزيادة القدرة على تحمل الملوحة فى بعض الأنواع النباتية، إلا أن ذلك الأمر لا يحدث فى كل الحالات. كذلك ذكر البعض أن تراكم الجليسين بيتين فى النباتات يساعد على زيادة تحملها للملوحة، ولكن ذلك التراكم ليس شرطاً لاغنى عنه لتحمل الملوحة فى النباتات الراقية.

كما أن دور البرولين فى التنظيم الآسموزى فى النباتات موضع جدل. فالبرولين يتراكم فعلاً فى النباتات التى تتعرض لظروف قاسية (وخاصة نقص الرطوبة الأرضية)، ولكن يبدو أن ذلك يحدث كاستجابة لصدمة آسموزية شديدة، أو - ربما - لسمية الأملاح.

ومن المعلوم أن المركبات النيتروجينية - مثل البرولين - تنظم بكفاءة عالية عملية تخزين النيتروجين الضرورى للنبات. ويعد البرولين مناسباً لتحقيق هذا الهدف؛ لأنه نشط آسموزياً، ومتوافق مع مكونات السيتوبلازم، ويمكن أن يتحول بسهولة إلى حامض الجلوتامك، وهو حامض أمينى مركزى فى عملية تنظيم تمثيل الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى. وبذا.. فإن النبات المعرض للملوحة يمكنه استخدام البرولين كمخزون نيتروجينى، وفى التنظيم الآسموزى (عن Rains ١٩٨١).

ومن النباتات التى يتراكم فيها البرولين بكثرة فى ظروف الملوحة العالية كل من :

Triglochin maritima، و *Puccinellia maritima*، وكثير من الطحالب والبكتيريا.

إن قائمة المركبات العضوية الذائبة في السيتوبلازم cytosolutes - في النباتات الراقية - في ازدياد مستمر، وتتضمن كحولات السكر sugar alcohols ، والأحماض الأمينية dipolar ، ومشتقاتها. ومن الأمثلة الهامة لذلك مركب dimethylsulphonopropionate الذى يشيع وجوده في الطحالب البحرية. وتوجد المركبات الـ Sulphonic في النباتات الراقية، مثل: *Wedelia biflora*، و *Ulva lactuca* اللذين يتغير تركيز المركب فيهما بتغير تركيز الأملاح في وسط نموها.

ويبدو أنه توجد علاقة قوية بين نوع المركبات العضوية الذائبة التي تتراكم في السيتوبلازم في ظروف الملوحة العالية وبين الوضع التقسيمي، كما هو موضح في جدول (٢-٨) (عن Jones ١٩٨١).

جدول (٢-٨) : أمثلة لأنواع المركبات العضوية الذائبة في السيتوبلازم في بعض الأنواع النباتية.

النوع النباتي	العائلة	المركب العضوي
<i>Suaeda monoica</i> <i>Suaeda maritima</i> <i>Atriplex spongiosa</i> <i>Spinacea oleracea</i> <i>Beta vulgaris</i>	Chenopodiaceae	Glycinebetaine
<i>Spartina x townsendii</i> <i>Diplochne fusa</i>	Graminae	
<i>Puccinellia matitima</i> <i>Triglochina moritima</i>	Graminae	Proline
<i>Plantago maritima</i> <i>Plantago capensis</i>	Plantaginaceae	Sorbitol
<i>Medicago sativa</i> <i>Wedelia biflora</i>	Leguminoseae Compositae	Prolinebetaine Beta - dimethyl - sulphonio - propionate

كذلك تتراكم - فى السلالات التى تتحمل الملوحة - عند تعرضها لظروف الملوحة العالية - أنواع مختلفة من البروتينات - مثل البروتين 26k المسمى أوزموتين Osmotin . وقد وجد Jain وآخرون (١٩٩٣) طرزاً محددة لتراكم البولي بيبتيديات Polypeptides تحت ظروف الملوحة، تختلف باختلاف السلالات المتحملة للملوحة، وبالرغم من عدم التوصل إلى حقيقة الدور الفسيولوجى الذى تلعبه هذه البروتينات على وجه التحديد... إلا أنه يعتقد بأنها تسمح للنباتات بعمل التأقلمات الحيوية والبنائية التى تمكنه من التعامل مع مستويات الملوحة العالية.

علاقة صفة تحمل الملوحة بالنمو النباتى فى النباتات المحبة للملوحة

ينبغى أن تكون الإنزيمات، أو الأغشية الخلوية، ومكونات تلك الأغشية فى السيتوبلازم - فى النباتات المحبة للملوحة - قادرة على تحمل التركيزات العالية للأيونات غير العضوية، والمواد العضوية الذائبة التى توجد فى خلاياها، أو تكون النباتات مزودة بخصائص لفصل تلك المواد عن الأجزاء النباتية الحساسة فى حجيرات خاصة، فيما يعرف بالـ Compartmentation .

ويتطلب تراكم المواد العضوية الذائبة فى تلك النباتات، والحاجة إلى أن تكون إنزيماتها قادرة على تحمل الملوحة (الأمر الذى قد يجعلها أقل كفاءة من نظيراتها فى النباتات العادية)، وتخصيص حجيرات للأملاح فيها، والتميز ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاص النبات للماء الملح من التربة. كل ذلك يتطلب بذل طاقة، تكون دائماً على حساب نمو النبات وقدرته الإنتاجية. ولذا... نجد أن النباتات الملحية تكون - دائماً - أقل نمواً وإنتاجية من النباتات العادية، كما أنها تعطى أعلى نمو ممكن لها عندما تنمو فى بيئات يقل فيها تركيز الأملاح عما تكون عليه الحال فى البيئات التى تنمو فيها بصورة طبيعية (عن Rains و Austin ١٩٨٩).

ويتعين الانتباه إلى تلك الحقيقة عند محاولة الاستفادة من صفة تحمل الملوحة (التي

توجد في النباتات البرية المحبة للملوحة) بمحاولة إدخالها في النباتات المزروعة؛ ذلك لأن النباتات البرية تصل إلى مرحلة الإزهار والإثمار في وقت قصير على حساب نموها الخضرى (بهدف زيادة قدرتها على البقاء)، بينما يكون الهدف من زراعة المحاصيل الزراعية هو الحصول الاقتصادي الذي يعتمد - غالباً - على النمو النباتي الجيد. ولذا.. نجد أن أنواع الجنس *Lycopersicon* البرية التي تتحمل الملوحة يكون نموها ضعيفاً مقارنة بنمو أصناف الطماطم التجارية (عن Tal ١٩٨٤).

علاقة الأساس الفسيولوجي لتحمل الملوحة بالاتجاه الذي يسلكه المربي في تربية المحصول

يتوقف الاتجاه الذي يسلكه المربي لتحسين تحمل نباتاته للملوحة (أو الأساس الفسيولوجي المناسب لصفة تحمل الملوحة) على تركيز الأملاح في الوسط أو البيئة التي يراود زراعة تلك النباتات فيها، كما يلي :

١- عندما تتوفر الأملاح في البيئة بصورة غير عادية، ولكن بتركيزات منخفضة نسبياً :

يكون تحقيق التوازن الآسّموزي مع الأملاح الخارجية - في هذه الحالة - مقبولاً أيضاً؛ ذلك لأن ضرر الملح - عندما يوجد بتركيزات منخفضة في البيئة الخارجية - يرجع أساساً إلى امتصاصه بكميات كبيرة، ثم انتقاله إلى مختلف الأنسجة النباتية. ويؤدي مجرد الحد من امتصاص الملح - في هذه الحالة - إلى زيادة تحمل النبات للملوحة. ويعد الأرز والذرة من المحاصيل التي تستجيب لهذا الاتجاه في التربية.

٢- عندما تتواجد الأملاح بتركيزات متوسطة :

لا يكفي مجرد التمييز ضد أيونى الصوديوم والكلور في الامتصاص عندما يتواجدان في المحلول الأرضي بتركيزات عالية، بل ينبغي أن يكون النبات قادراً على تحقيق توازن آسّموزي مع الكميات التي تُمتص منهما، والتي يتعين فصلها في الفجوات العصارية، مع

زيادة تركيز المركبات العضوية الذائبة في السيتوبلازم لتحقيق التوازن المطلوب. ويعد الشعير والقمح وجنسهما (*Triticum* و *Hordeum*) من النباتات التي تستجيب لهذا الاتجاه في التربية لتحمل الملوحة، ولكن يحد من التقدم في التربية - في تلك الحالات - أن قدرة هذه النباتات على تكوين مزيد من الفجوات العصارية الكبيرة محدودة.

٣. عندما تتواجد الأملاح في البيئة الخارجية بتركيزات عالية :

يتعين في هذه الحالات أن تكون النباتات قادرة على تخصيص حجيرات للأملاح مفصولة عن السيتوبلازم، كما في النباتات العصيرية، أو أن يوجد فيها غدد ملحية للتخلص من الأملاح الزائدة، وخاصة في النباتات غير العصيرية السريعة النمو. وهذه النباتات تكون بطبيعتها من المحبة للملوحة (Yeo & Flowers ١٩٨٩).

تقييم النباتات لتحمل الملوحة

يواجه المربي الذي يهتم بتحسين تحمل النباتات للملوحة بمشكلة كبرى، وهي أن صفة التحمل ليست صفة بسيطة، وإنما هي محصلة لعدة صفات تعتمد على أسس فسيولوجية مختلفة يصعب - غالباً - تحديدها. إن الشكل الظاهري النهائي للنبات (والمتمثل في استجابته للملوحة) ربما لا يكون دليلاً على قيمته الوراثية الحقيقية - بالنسبة لتحمله للملوحة - لأن الصفات المفيدة يمكن أن يختفي دورها في وجود عوامل أخرى؛ فيبدو النبات حساساً.

إن تقييم النباتات للملوحة - بزراعتها في وسط ملحي - قد يترتب عليه إظهار بعض الاختلافات المورفولوجية المتوفرة، ولكن عدم ظهور اختلافات مورفولوجية لايعنى عدم وجود تباينات وراثية مفيدة. ومن الأهمية بمكان التعرف على تلك التباينات؛ ليتمكن جمعها في تركيب وراثي واحد (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

العمر المناسب للتقييم

قيم الباحثون النباتات لتحمل الملوحة في مراحل مختلفة من نموها؛ بدءاً بمرحلة تشبع

البذرة بالماء، ومروراً بإنباتها (فى الدراسات المختبرية)، وبزوغ البادرات من التربة، ومراحل نمو البادرات، وتكوين الخلفات، والنبات البالغ. ولا يوجد اتفاق بين الباحثين حول العلاقة بين تحمل الملوحة ومرحلة النمو النباتى. ويمكن أن نجد فى داخل المحصول الواحد - مثل الشعير - اختلافات بين السلالات فى تحملها للملوحة فى مختلف مراحل نموها (Norlyn ١٩٨٠). كما أن طبيعة تحمل الملوحة - أى أساسها الفسيولوجى - يختلف باختلاف مرحلة النمو النباتى.

وقد أظهرت نتائج عديد من الدراسات أن الملوحة يمكن أن تقلل من سرعة إنبات البنور، بينما قد لا يكون لها تأثير فى نسبة الإنبات النهائية. كما أظهرت بعض النباتات تحملاً أكبر للملوحة فى طور البادرة عما فى مراحل النمو التالية، بينما كان العكس صحيحاً فى نباتات أخرى. ويصر بعض الباحثين على أن تحمل الملوحة فى مرحلة إنبات البنور هى أفضل دليل على تحمل النبات للملوحة؛ لأن عدم قدرة البنور على الإنبات فى وجود الملوحة يجعل أية قدرة محتملة لتحمل الملوحة - فى مراحل النمو اللاحقة لذلك - عديمة الجدوى إذا كانت زراعة النباتات فى أراض ملحية، أو كان ربيها بمياه يرتفع فيها تركيز الأملاح منذ البداية (Ramage ١٩٨٠).

الاعتماد على خاصية تراكم المركبات العضوية الذائبة

برغم أن عديداً من المركبات العضوية الذائبة تتراكم فى السيتوبلازم - فى النباتات التى تتحمل الملوحة لدى تعرضها لظروف الملوحة - إلا أنه لا يمكن الاعتماد على تلك الخاصية كوسيلة روتينية للتقييم للملوحة فى مختلف الأنواع النباتية؛ لاختلافها فى أنواع المركبات التى تتراكم فيها، واختلاف الآراء حول كون تلك المركبات وسيلة من جانب النبات لزيادة قدرته على تحمل الملوحة، أم أنها تتكون بسبب الأضرار التى تحدثها الملوحة العالية.

الرى بمياه البحر لتقييم تحمل النباتات للملوحة

يحتوى ماء البحر على تركيزات منخفضة جداً من عنصرى النيتروجين والفوسفور، وكميات وافرة من عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم، وتركيزات عالية من عنصرى المغنيسيوم

والكبريت. ولكن الصفة المميزة الواضحة لمياه البحر هي احتوائها على تركيز عالٍ جداً من عنصرى الصوديوم والكلور يصل إلى نحو ٠,٥ مولار كلوريد صوديوم. ومن جميع هذه العناصر.. فإن الصوديوم ليس من العناصر الضرورية للنباتات الراقية، بينما يعد الكلور من العناصر الصغرى (جدول ٨-٣).

جدول (٨-٣) متوسط تركيز مختلف العناصر في مياه البحر (عن Cooper ١٩٨٢)

العنصر	التركيز (جزء فى المليون)
النيروجين	٠,٥
الفوسفور	٠,٠٥
البوتاسيوم	٣٨٠
الكالسيوم	٤٠٠
المغنيسيوم	١٢٧٠
الحديد	٠,٠١
المنجنيز	٠,٠٠٥
البورون	٤,٦
النحاس	٠,٠٤
الموليبدينم	٠,٠٠١
الزنك	٠,٠١
الصوديوم	١٠٥٦٠
الكلور	١٨٩٨٠
الكبريت	٨٨٤
البروم	٦٥
الاسترونتيم	١٣
السيليكون	٢
الألومنيوم	١
الفلور	١,٤
اليود	٠,٠٥

وبالمقارنة بمياه البحر.. فإن المحلول الأرضي يكون في معظم الأراضي مخففاً، ويمثل تركيز الأيونات فيه محصلة النقص في تلك العناصر الناشئ عن امتصاص النبات لها، والزيادة الناشئة عن تيسرها من صورها غير الذائبة في التربة. وتتأثر تلك المحصلة بعدد من العوامل، مثل : الأمطار، والري، والتسميد، ونشاط الجذور والكائنات الدقيقة التي تعيش في التربة. أما المحاليل المغذية.. فإنها تحتوي على تركيزات عالية - بالتركيز المناسب للنمو النباتي - من جميع العناصر الضرورية للنبات (جدول ٤-٨).

جدول (٤-٨) : مقارنة بين تركيز العناصر المغذية الكبرى للنبات (بالجزء في المليون) في المحلول الأرضي لتربة عادية، وفي محلول مغذ قياسي، وفي ماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

العنصر	المحلول الأرضي	المحلول المغذي	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠
المغنيسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠,٠٠١ - ٠,٧٠
الفوسفور	٠,٠١٥	٦٢	٠,٠٠١ - ٠,١٠
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤

الري بمحاليل ملحية مجهزة لتقييم تحمل النباتات للملوحة

لم يقتصر تقييم النباتات لتحمل الملوحة على استعمال كلوريد الصوديوم فقط في وسط النمو؛ حيث استخدمت أيضاً أملاح كلوريد الكالسيوم، وكلوريد البوتاسيوم، وكبريتات البوتاسيوم، وكلوريد المغنيسيوم، وكبريتات المغنيسيوم، وكربونات الصوديوم، وبيكربونات

الصوديوم، وكبريتات الصوديوم. وقد استخدمت تلك الأملاح إما منفردة، وإما فى توافيق مختلفة مع كلوريد الصوديوم، وإما مع بعضها البعض.

كذلك درست استجابة النباتات للأملاح بزراعتها فى أراض ملحية، وبالرى بمياه ملحية تحتوى على تركيزات مختلفة من مختلف الأملاح. وتظهر النباتات - عادة - قدراً أكبر من الحساسية للملح المنفرد عما تظهره لمجموعة من الأملاح التى تستخدم معاً. وربما كان ذلك بسبب عدم التوازن فى العناصر المغذية، والسمية التى قد تحدثها أيونات معينة عند استخدام ملح واحد منفرد فى التقييم لتحمل الملوحة (عن Ramage ١٩٨٠).

مقاييس تحمل الملوحة فى النباتات

من أهم المقاييس التى استخدمت فى تقييم النباتات لتحمل الملوحة مايلى :

- ١- معدل تشرب البنور بالماء معبراً عنه بالزيادة فى وزن البنور، أو حجمها.
- ٢- نسبة الإنبات.
- ٣- سرعة الإنبات؛ علماً بأن الملوحة تؤثر فى سرعة الإنبات بدرجة أكبر من تأثيرها فى نسبة الإنبات النهائية.
- ٤- بقاء البادرات حية تحت ظروف الملوحة.
- ٥- معدل نمو البادرات.
- ٦- الوزن الطازج للبادرات.
- ٧- النمو الجذرى والقمى.
- ٨- ارتفاع النبات.
- ٩- القدرة على تكوين الخلفات.
- ١٠- مساحة الأوراق.

١١- وزن المحصول الاقتصادي ومختلف مكوناته.

١٢- القدرة على امتصاص عنصر البوتاسيوم تحت ظروف الملوحة.

١٣- الحركة الدورانية للسيتوبلازم.

١٤- بلزمة الخلايا.

١٥- معدل التنفس.

١٦- القدرة على البقاء في الظروف الملحية (عن Shannon ١٩٧٩، و Ramage ١٩٨٠).

ويجب أن يكون التقييم في مرحلة معينة من النمو النباتي، وباستخدام مستوى معين من الأملاح، لا يكون تركيز الكالسيوم منخفضاً فيها. ورغم أن النباتات التي تنتخب لتحمل الملوحة في طور مبكر من النمو ربما لا تكون مقاومة في مراحل أخرى متأخرة، إلا أن التقييم في مراحل النمو المتأخرة يستلزم وقتاً وجهداً أكبر، ويكون أكثر تكلفة، ويتطلب طرقاً للتقييم أكثر تعقيداً.

التقييم لتحمل الملوحة في مزارع الأنسجة

لقد أمكن - في عدة حالات - إنتاج سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من الملوحة في مزارع الأنسجة، ولكن حالات قليلة منها فقط هي التي استمرت فيها الدراسة إلى حين إنتاج نباتات كاملة من تلك السلالات، واختبار مقاومتها للملوحة تحت ظروف الحقل. وإلى أن تتحقق تلك الخطوة يظل من المستحيل تعرف الفرق بين سلالات الخلايا القادرة على تحمل الملوحة (لأنها تحمل جينات مفيدة في هذا الشأن)، وتلك التي تكون قادرة على مجرد تحمل الضغط الأسموزي العالي (وليس تحمل الملوحة)، والسلالات التي تعتمد في تحملها للملوحة على توفر عديد من الموارد اللازمة لها في البيئة المغذية.

ومن أهم مزايا استخدام مزارع الأنسجة فى الانتخاب لتحمل الملوحة ما يلى:

١- عدد الخلايا الكبير الذى يمكن تقييمه لتحمل الملوحة، وسهولة إجراء اختبار التقييم، وتجانس الاختبار.

٢- سهولة التعامل مع الخلايا المفردة ودراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فيها عن النباتات الكاملة.

٣- تواجد فرصة أكبر لنشوء اختلافات وراثية فى مزارع الخلايا عما فى النباتات الكاملة، مع سهولة معاملة المزارع بالعوامل المطفرة.

٤- يفيد استخدام مزارع الخلايا الأحادية فى اكتشاف الطفرات المتنحية التى تتحمل الملوحة بسهولة.

ولعل أكبر عيوب مزارع الأنسجة فى هذا الشأن أن طبيعة تحمل الملوحة فى سلالات الخلايا قد تختلف جذرياً عما فى النباتات الكاملة. ولهذا السبب.. فقد كان النجاح فى إنتاج نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة - بهذه الطريقة - محدوداً. وحتى فى تلك الحالات (كما فى التبغ) كان من الضرورى استمرار تعريض المزارع والنباتات التى نشأت منها - فى جميع مراحل إنتاجها وإكثارها الجهنسى بعد ذلك - تحت ظروف الملوحة العالية للمحافظة على بقاء صفة تحمل الملوحة فيها.

وفى إحدى الدراسات تبين أن نباتات التبغ المتحملة للملوحة - والتى أمكن الحصول عليها من مزارع الخلايا - كانت سداسية التضاعف؛ الأمر الذى يضيف إلى قوة نمو السلالة المنتخبة، مما يفيد أن انتخابها يحتمل أن يكون راجعاً إلى قوة نموها الطبيعى، وليس إلى تحملها للملوحة (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

وعلى خلاف ذلك.. فقد أوضحت الدراسات التى أجريت على البرسيم الحجازى أن سلالات الخلايا - التى انتخبت لتحملها للملوحة - كانت أكثر قدرة على النمو فى البيئة

الملحية عما في البيئة الخالية من الملوحة؛ فقد نمت السلالة المنتخبة بصورة أفضل من الخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم في البيئة المغذية ٨٪، وتطلبت تلك السلالة المنتخبة وجود كلوريد الصوديوم بتركيز ٥.٠٪ لإعطاء أفضل نمو، بينما كان نموها في غياب كلوريد الصوديوم ٢٠٪ من نمو الخلايا غير المنتخبة (وغير المتحملة للملوحة) في ظروف غياب الملوحة. هذا.. بينما تساوى نمو السلالة المنتخبة لتحمل الملوحة والخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم في البيئة المغذية ٥.٠٪ (عن Rains ١٩٨٨).

ومن أمثلة الدراسات التي أجريت في هذا المجال ما قام به Bourgeais (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة في مزارع صنف الطماطم St-Pierre بتكرار زراعتها أربع مرات في بيئات تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ١٠٠ مللى مول، واستخدم في هذه المزارع إما القمة الطرفية للسيقان، وإما كالس حصل عليه من جنور وسيقان النباتات.

ويذكر Stavarek & Rains (١٩٨٤)، و Duncan & Widholm (١٩٨٦) أنه أمكن انتخاب سلالات خلايا Cell Lines مقاومة للملوحة من مزارع الخلايا لعدة محاصيل زراعية، منها الفلفل، والبرتقال، وقصب السكر، والبن، والأرز، والقمح، والشوفان، والدخن اللؤلؤى، والقلقاس، والبرسيم الحجازى، والتبغ، والداتورة.

وتكمن المشكلة - في برامج التربية التي من هذا النوع - في صعوبة الحصول على نباتات كاملة من سلالات الخلايا المنتخبة لمقاومة الملوحة (أو غيرها من العوامل البيئية)؛ ففي البرسيم الحجازى.. كانت المزرعة التي أجرى فيها الانتخاب قديمة، وحدث فيها تغيرات وراثية في صفات كثيرة إلى درجة لم تسمح بنمو النباتات التي تميزت منها لاختبار مقاومتها للملوحة وإكثارها. وفي الأرز.. كانت النباتات المقاومة للملوحة الناتجة من سلالات الخلايا عقيمة بدرجة عالية. وفي القلقاس.. ماتت النباتات النامية من سلالات الخلايا قبل

اختبارها، ولكن أمكن الحصول على نباتات من مزارع الدخان كانت قادرة على النمو في محلول مغذ يحتوي على ٢.٦٢٪ كلوريد صوديوم.

وقد تراوح تركيز كلوريد الصوديوم الذي تحملته سلالات الخلايا - في مزارع الأنسجة - من ٠.٥٢٪ في مزارع الخلايا المعلقة Cell suspension culture في التبغ إلى ١.٠٪ في مزارع الكالوس في *Nicotiana sylvestris* ، والفلفل، والبرسيم الحجازي، وإلى ١.٥٪ في مزارع الكالوس في الأرز، و ٢.٠٪ في مزارع الخلايا المعلقة في *N. Sylvestris* .

وتتميز سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة (كما في البرسيم الحجازي) بزيادة محتواها من أيون البوتاسيوم - حتى في وجود تركيزات عالية من أيون الصوديوم - وهي تتشابه في ذلك مع النباتات الكاملة التي تتحمل الملوحة (عن Rains ١٩٨١).

وقد أمكن انتخاب نباتات من المسترد الهندي *Brassica juncea* (صنف Prakish) بتقييم النباتات التي نتجت من زراعة ٢٦٢٠ ورقة فلقية في بيئة ملحية؛ حيث عاشت ٣ نباتات منها، وأنتجت نمواً خضرياً جيداً في تلك البيئة. أكثر تلك النباتات باستخدام مزارع البراعم الإبطية في بيئة خالية من كلوريد الصوديوم. وقد استمر نمو اثنتين من تلك السلالات إلى أن أنتجتا بنوراً.

زرعت هذه النباتات في الصوبة؛ حيث أظهرت انعزالات كثيرة في كل الصفات التي درست. ومع استمرار الانتخاب فيها لثلاثة أجيال، أظهرت النباتات التي تتحمل الملوحة قدراً كبيراً من التجانس في الصفات الاقتصادية الهامة، وأيضاً في مقاومة الملوحة، إلا أن السلالتين اختلفتا في صفة تحملهما للملوحة خلال مراحل نموها الخضري والتكاثري (Jain وآخرون ١٩٩٠).

كذلك تمكن Bouharmont (١٩٩٠) من انتخاب عدة سلالات من أصلي الموالح *Poncirus trifoliata*، و *Citrange carrizo* بتحفيز تكوين نموات خضرية جديدة من نموات الكالوس

التي تنتج من زراعة أجنة هذين النوعين - لمدة خمسة شهور - في بيئة تحتوى على ١٪ كلوريد صوديوم. وقد تميزت النباتات التي أنتجت من تلك المزارع بقدرتها على النمو في محاليل مغذية تحتوى على كلوريد صوديوم بتركيز ١٪، بينما لم يمكن لنباتات المقارنة تحمل تركيز ٢٥.٠٪ كلوريد صوديوم. وقد نمت أنسجة الكالوس التي نتجت من زراعة أجنة تلك النباتات - بنجاح - في بيئات مغذية ملحية.

ومقارنة بسلالات الخلايا غير المنتخبة لتحمل الملوحة.. تمكنت سلالات الموالح المنتخبة لتحمل الملوحة من احتفاظها بمستوى طبيعى من أيونى البوتاسيوم والكالسيوم، بالرغم من وجود تركيز عال من أيونى الصوديوم والكلور فى البيئة المغذية. وقد تراكم أيونى الصوديوم والكلور بتركيزات عالية فى الفجوات العصارية لسلالات خلايا أصل *Poncirus* المنتخبة لتحمل الملوحة، بينما لم يحدث ذلك فى سلالات خلايا أصل الـ *Citrange* التى بدت كأنها قادرة على استبعادهما.

كذلك تمكن الباحث (Bouharmont ١٩٩٠) من الحصول على نباتات أرز قادرة على تحمل الملوحة من مزارع كالوس تحتوى على ١.٥٪ كلوريد صوديوم، وذلك بعد نحو أربعة شهور من تعرض خلايا الكالوس لتلك الظروف.

يتبين مما تقدم أن انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة أمر ممكن، وإنتاج نباتات من الخلايا أمر ممكن - أيضاً - فى عديد من النباتات، ولكن إنتاج النباتات من سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة كان إلى الآن محدوداً (ربما بسبب بقاء المزارع لمدة طويلة قبل محاولة إنتاج النباتات منها)، كما كانت النباتات الكاملة الناتجة من سلالات الخلايا - فى عديد من تلك الحالات - غير متميزة فى تحملها للملوحة؛ أى إنها لم تكن أكثر تحملاً للملوحة من نباتات الصنف أو السلالة الأصلية التى استخدمت فى عمل مزارع الأنسجة، وهو ما يجعلها - فى مثل هذه الحالات - عديمة الأهمية. ومع

ذلك.. فقد كانت هناك حالات قليلة - من مزارع الأنسجة - تميزت فيها نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة.

وراثة صفتي القدرة على تحمل الملوحة والحساسية لها

إن الحالات التي تعرف فيها جينات رئيسية تتحكم في صفة تحمل الملوحة أو الحساسية لها قليلة، ومن أمثلتها ما يلي :

١- يتحكم جين واحد متنح في صفة الحساسية لكلوريد الصوديوم في فول الصويا؛ حيث لا يمكن للنباتات الحاملة لهذا الجين - بحالة أصيلة - منع انتقال أيون الكلور من الجنور إلى النموات الخضرية.

٢- يتحكم جين آخر متنح sd (نسبة إلى فعل الجين Scabrous diminutive) في صفة الحساسية للملوحة العالية في الففل؛ حيث تكون النباتات الحاملة له بصورة أصيلة أقل كفاءة في استبعاد الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم من النباتات العادية؛ الأمر الذي يؤدي إلى حالة من عدم التوازن الأيوني في النبات.

٣- تعرف طفرة تؤدي إلى انخفاض في الضغط الأسموزي بخلايا النبات *Arabidopsis thaliana*.

٤- يوجد في الذرة طفرة يوجد بها نقص في البرولين، وبالمقارنة.. تعرف طفرة في البكتيريا *Salmonella typhimurium* يزيد فيها إنتاج البرولين (عن Tal ١٩٨٤).

وقد درس Ashraf وآخرون (١٩٨٦) درجة توريث القدرة على تحمل الملوحة - على النطاق الضيق - في سبعة أنواع نباتية، وكان دليلهم على تحمل الملوحة هو مدى نمو جنور النباتات بعد بقائها لمدة ثلاثة أسابيع في محلول مغذٍ يحتوي على كلوريد الصوديوم، وكانت درجات التوريث المقدرة كما يلي :

النوع	درجة التورث على النطاق الضيق
<u>Lolium perenne</u>	٠,٤٤
<u>Dactylis glomerata</u>	٠,٣٢
<u>Agrostis stolonifera</u>	٠,٢٨
<u>A. castellana</u>	٠,٢٦
<u>Holcus lanatus</u>	٠,١٩
<u>Festuca rubra</u>	٠,٤٤
<u>Puccinellia distans</u>	٠,٧٢

ولمزيد من التفاصيل عن وراثته وفسيولوجيا تحمل الملوحة في النباتات.. يراجع Staples & Toenniessen (١٩٨٤).

التقدم في التربية لتحمل الملوحة في بعض المحاصيل الاقتصادية

نتناول بالشرح - فيما يلي - الجهود التي بذلت لأجل زيادة القدرة على تحمل الملوحة في بعض المحاصيل الاقتصادية، ونعرج - أثناء دراستنا لتلك الجهود - على ذكر مصادر صفة تحمل الملوحة في كل محصول منها، ووراثتها، وطبيعتها، وطرق التقييم التي اتبعت لأجل التعرف عليها.

الأرز

قيم في معهد بحوث الأرز الدولي (IRRI) بالفلبين أكثر من ٥٥٠٠ سلالة من الأرز لتحمل الملوحة؛ حيث أظهرت نحو ٢٠٠-٣٠٠ سلالة منها تحملاً للملوحة تحت ظروف كل من الصوبة والحقل.

وقد أجرى التقييم الأولى لتلك السلالات في محاليل مغذية تراوحت درجة توصيلها الكهربائي (EC) من ٨-١٢ مللى موز/ سم؛ بإضافة كل من كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم، وأملاح مياه البحر المجففة إلى المحلول المغذي. وقد أعطيت نباتات كل سلالة درجة لشدة تأثرها بالملوحة على مقياس من تسع درجات ١ إلى ٩؛ حيث تنمو النباتات في درجة (١) وتكون خلفات بصورة طبيعية تقريباً، وفي درجة (٩) تموت معظم النباتات.

وأوضحت تلك الدراسات أن الأصناف التي تبدي تحملاً للملوحة العالية في مرحلة نمو البادرة ربما تكون قادرة أو غير قادرة على تحمل الملوحة في المراحل التالية من نموها. ويظهر ذلك في جدول (٨-٥)، الذي يتضح منه كذلك أن سلالتين أظهرتا قدراً عالياً من تحمل الملوحة؛ حيث كان محصولهما النسبي ٩٢٪ و ٩٨٪. كذلك يتبين من الجدول أن السلالات التي أظهرت قدراً من تحمل الملوحة أعطت - بصورة عامة - محصولاً نسبياً جيداً.

جدول (٨-٥) : متوسط شدة أضرار الملوحة، ومحصول الحبوب النسبي لعشر سلالات من الأرز.

السلالة	متوسط شدة أضرار الملوحة (أ)		محصول الحبوب النسبي (ب) (%)
	(أربعة أسابيع)		
	١٢ أسبوعاً	بعد الشتل	
IR 28	٢,٠	٨,٢	٧
IR 2061 - 465	١,٠	٤,٢	٢٨
IR 2153 - 26 - 3	١,٠	١,٧	٦٥
IR 2681 - 163	١,٧	٤,٢	٢٥
Banik Kuning	١,٠	٢,٢	٧٦
Kalarata 1 - 24	١,٠	١,٠	٩٨
Kuatik Serai	١,٠	١,٠	٧٠
Mala Kuta	١,٧	٨,٠	١٠
Mi Pajang	٢,٢	٧,٧	٨
Pulat Daeing	١,٧	١,٠	٩٢

(أ) شدة الإصابة على مقياس من ١ إلى ٩، حيث ١ = تنمو النباتات وتكون خلفاتها بصورة طبيعية تقريباً، و ٩ = تموت معظم النباتات.

(ب) المحصول النسبي = (المحصول في الوسط المالح/المحصول في الوسط العادي) × ١٠٠

وقد استخدمت نحو ١٣ سلالة من التي أظهرت قدراً كبيراً من تحمل الملوحة في برنامج للتربة لنقل صفة التحمل إلى الأصناف التجارية الهامة (عن Frey ١٩٨١).

كذلك وجد Moeljopawiro & Ikehashi (١٩٨١) سلالات من الأرز تتحمل الملوحة - بدرجة عالية - عند مستوى ١٥.٢ مللى موز/ سم، وظهرت انعزالات فائقة الحدود عندما لقحت سلالات تتحمل الملوحة - بدرجات متباينة - معاً.

وتتفاوت أصناف وسلالات الأرز كثيراً في طبيعة تحملها للملوحة العالية؛ فهناك الاختلافات في امتصاص أيون الصوديوم، وفي انتقاله إلى الأوراق، وفي تحمل الأنسجة النباتية لتركيزاته العالية، وفي تخزينه في حجيرات خاصة بالأوراق Leaf Compartmentation، بالإضافة إلى الاختلافات في قوة النمو النباتي التي يعزى إليها أكثر من ٣٠٪ من الاختلافات في تحمل الملوحة (جدول ٦٨).

جدول (٦٨) : التدرج النسبي لأربع سلالات من الأرز في نقل أيون الصوديوم خارج نسيج الخشب، وتحمل النسيج النباتي له، وتخزينه في حجيرات خاصة، وفي قوة نموها على مقياس من ١ (الصفة جيدة) إلى ٩ (الصفة رديئة).

السلالة أو الصنف	انتقال أيون الصوديوم	تحمل أنسجة النبات للصوديوم	فصل أيون الصوديوم في حجيرات بالأوراق	قوة نمو النبات
IR 4630-22-2-5-1-2	٢	١	٤	٧
IR 15324-117-3-2-2	٩	٧	٥	٦
IR 10167-129-3-4	٦	٢	٣	٨
Nona Bokra	١	٧	٦	٢

يعنى النمو النباتى القوى (جدول ٨ - ٦) توفر نموات خضرية أكثر يمكن أن تتوزع عليها الأملاح الممتصة والتي تنتقل إلى الأوراق؛ بحيث يصبح متوسط تركيز العنصر من الأملاح منخفضاً فى النباتات القوية النمو.

ومتى تساوت جميع العوامل الأخرى.. فإن تركيز الأملاح فى الأوراق يتناسب طردياً مع معدل النتج لكل وحدة نمو نباتى؛ وهو ما يعنى أن زيادة كفاءة النبات فى الاستفادة من الماء الممتص تقلل من أضرار الملوحة العالية. ويفيد ذلك فى اختيار الآباء لبدء برامج التربية؛ حيث يفيد استخدام السلالات والأصناف التى تتحمل الجفاف كآباء فى برامج التربية لتحمل الملوحة.

ولاشك فى أن تراكم الملح فى البروتوبلازم يعرض المناطق التى يتراكم فيها لنقص رطوبى حاد؛ ولذا فإن سرعة وصول الأملاح إلى الفجوات العصارية يعد عاملاً هاماً فى التمييز بين الأصناف فى قدرتها على استيعاب الأملاح التى تنتقل إلى أوراقها دون أن تعاني من أضرارها.

ويكون تركيز أيون الصوديوم فى خشب الأوراق الحديثة أقل بكثير مما فى خشب الأوراق المسنة؛ الأمر الذى يفيد - على الأقل - فى حماية بعض الأوراق من أضرار الملح التى تتمثل فى موتها المبكر.

وبناء على ما تقدم.. فإن اختيار الآباء فى برامج التربية لتحسين صفة تحمل الملوحة فى الأرز يجب أن يبنى على أساس الاعتماد على السلالات أو الأصناف التى تتحمل الملوحة لأسباب مختلفة؛ بهدف الجمع بين كل تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد يكون أكثر تحملاً للملوحة من أى منها (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

القمح

قُيم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية أكثر من ٥٠٠٠ صنف وسلالة من القمح لتحمل الملوحة (بطريقة يأتى بيانها تحت الشعير)؛ حيث أمكن التعرف على ٢٤ سلالة من القمح

الرييىعى؛ كانت قادرة على النمو وإنتاج محصول من الحبوب فى مستوى من الملوحة يعادل ٥٠٪ من ملوحة مياه البحر؛ وهو مستوى قاتل لجميع الأصناف التجارية من القمح (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠).

ويقع الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن قدرة النبات الانتخابية لتفضيل أيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم Na^+/K^+ Selectivity (وهى صفة هامة فى تحمل الملوحة) على كروموسوم واحد. ومن المعلوم أن القمح - وهو نبات هجينى سداسى التضاعف - يحتوى على الهياكل الكروموسومية لثلاثة أنواع نباتية، وهى التى تعرف بالرموز A، و B، و D. وقد حصل القمح على الهيئة الكروموسومية D من *Aegilops squarrosa*. ويظهر هذا النوع - وكذلك بعض النباتات السداسية AABDD - نسبة انتخابية عالية لأيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم، مقارنة بالأنواع الرباعية AA BB؛ الأمر الذى يرجح أن مرد تلك الصفة إلى الهيئة الكروموسومية D. وقد أوضحت الدراسات السيتولوجية أن الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن تلك الصفة تحمل - على الكروموسوم الرابع للهيئة الكروموسومية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

ويذكر Austin (١٩٨٩) أنه قد اقترح ما لا يقل عن خمسة أنظمة مختلفة للتحكم فى نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم؛ وهو ما يعنى توفر خمسة جينات على الأقل فى تلك الصفة، وربما كان عدد هذه الجينات أكبر من ذلك بكثير.

هذا.. وبعد *Thinopyrum bessarabicum* من النجيليات المعمرة الأكثر تحملاً للملوحة من أنواع الجنس *Triticum*، بما فى ذلك القمح. وقد هجن هذا النبات مع أحد أصناف القمح *Triticum aestivum*، وأنتج نبات هجينى متضاعف (بعد معاملة الجيل الأول بالكولشيشين) كان أكثر تحملاً للملوحة (عند تركيز ٢٥٠ مل/م^٣) عن أى من أبويه. وقد أرجعت تلك الصفة إلى زيادة كفاءة الهجين فى استبعاد أيونى الصوديوم والكلور من الأوراق الصغيرة والأعضاء التكاثرية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الشعير

قُيِّمت في ولاية كاليفورنيا الأمريكية عشائر الشعير التالية لتحمل الملوحة العالية: الأصناف التجارية Arivat، و California Mariout، و U. C. Signal، وسلالة التربة-11-68-S-22 (من أريزونا)، وهي سلالة ذات قدرة على تحمل الملوحة، وعشيرة تلقيح مركب Composite Cross تم تمثيله من التهجين بين ٦٢٠٠ تركيب وراثي من الشعير. زرعت هذه العشائر في تربة رملية، ورويت بمياه البحر (المحيط الهادئ) مباشرة. وقد أظهرت النباتات المختبرة تبايناً كبيراً في القدرة على تحمل الملوحة، وبلغ محصول النباتات المنتخبة منها - تحت هذه الظروف - نصف متوسط محصول الشعير في الولايات المتحدة (عن Epstein & Norlyn ١٩٧٧).

كذلك يذكر Rains (١٩٨١) أنه قد تم - في كاليفورنيا - تقييم مجموعة الشعير العالمية - وعددها ٢٢ ألف سلالة لتحمل الملوحة؛ وذلك بزراعة بنورها على مهاد توجد في قمة صهاريج (تانكات) يتسع كل منها لنحو ٧٠٠ لتر؛ حيث ملئت بمحلول مغذ أُذيت فيه الأملاح في ٩٠٪ ماء بحر بدلاً من الماء العذب. وقد تركت البنور التي أنبتت وأعطت بادرات لتنمو حتى النضج وإنتاج محصولها من البنور.

وقد أوضحت تلك الدراسات أن تحمل سلالة مامن الشعير للملوحة في مرحلة معينة من نموها لا يعني تحملها في مراحل نموها الأخرى، كما أظهرت السلالات المختبرة تبايناً في مراحل النمو التي تتحمل فيها الملوحة، ولم تتضح أية علاقة بين قدرة بنور الشعير على الإنبات في الملوحة العالية، وبين محصول الحبوب تحت الظروف نفسها. ويستفاد مما تقدم العمل على جميع القدرة على تحمل الملوحة في مراحل النمو المختلفة - من السلالات المختلفة - في تركيب وراثي واحد بالتربية.

وليزيد من التفاصيل عن تربية الشعير لتحمل الملوحة العالية في كاليفورنيا.. يراجع Epstein وآخرين (١٩٧٩، و١٩٨٠)، و Rains وآخرين (١٩٨٠).

ومن الجدير بالذكر أنه قد سبقت الإشارة إلى نجاح زراعة الشعير - وغيره من النباتات التي تتحمل الملوحة، مثل البنجر - في الأراضي الرملية والخفيفة القريبة من شواطئ البحار مع ريهها بمياه البحر مباشرة، مع الاعتماد على الأمطار الغزيرة في غسيل الأملاح التي تتراكم في التربة خلال موسم نمو المحصول (عن Somers ١٩٧٩).

فول الصويا

يوجد في فول الصويا جين واحد سائد (Ncl) يتحكم في استبعاد أيون الكلور من النمو القمي للنبات؛ حيث يبلغ تركيز الكلور في النمو القمي للنباتات التي تحمل هذا الجين (بحالة سائدة أصيلة أو خليطة) حوالى ١٠٠٠ جزء في المليون، بينما يصل تركيزه في النمو القمي للنباتات المتنحية الأصلية في هذا الجين نحو ٧٠٠٠ جزء في المليون (عن Devine ١٩٨٢).

الطماطم

أولاً : طرق التقييم لمقاومة الملوحة ومصادر المقاومة

قام Taha (١٩٧١) بمقارنة عدد من أصناف الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل الملوحة، ووجد أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كما يلي :

١ - أصناف حساسة.. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace، وبيزل هاربر Pearl Harbor.

٢ - أصناف متوسطة التحمل للملوحة.. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Prichard.

٣ - أصناف تتحمل الملوحة.. ومن أمثلتها الصنف الكريزى الثمار جريب Grape.

وظهرت صفة التحمل في عدة صور كما يلي :

١ - كان الصنف المتحمل للملوحة أكثر قدرة على الإنبات تحت ظروف الملوحة.

٢ - أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجياً (من صفر إلى ١٢٠٠٠ جزء في المليون من

كلوريد الصوديوم) إلى حدوث نقص متزايد في الوزن الطازج والجاف للنباتات، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة بها. وكانت هذه التأثيرات في الصنف جريب أقل وضوحاً مما في بقية الأصناف.

٤ - أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وكان هذا التأثير أقل وضوحاً في الصنف المقاوم.

٥ - احتوت الجنور والنموات الهوائية بالصنف الحساس أيس على أعلى نسبة من الصوديوم والكلور، وأقل نسبة من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم؛ مقارنة بالصنف المتحمل جريب، الذي احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، بينما كان الصنف برتشارد وسطاً بينهما.

٦ - مع زيادة الملوحة.. نقص وزن الثمرة وحجمها، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات الذائبة والمختزلة، وفيتامين ج.

٧ - بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح.. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقاً للنمو الخضري بدرجة كبيرة، بعكس كبريتات الصوديوم التي كانت شديدة الضرر على الأعضاء الزهرية والثمارية. وكان الضرر أكثر في الصنف أيس مقارنة بالصنف جريب.

وقد قارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفاً وسلالة من الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم، ووجد أنها - جميعاً - كانت حساسة، وكان الصنف إداكوى أقلها حساسية. وقد تأكدت - بعد ذلك - المقاومة النسبية لهذا الصنف من دراسات Mahmoud وآخرين (١٩٨٦)، و Hashim وآخرين (١٩٨٨).

وتتوفر القدرة على تحمل الملوحة العالية في عدد من سلالات بعض الأنواع البرية. ويعد النوع *L. cheesmanii f. minor* - الذي ينمو برياً في جزر جالاباجوس - أكثر أنواع الجنس *Lycopersicon* تحملاً للملوحة. ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA1401

أكثرها تحملاً، وهى سلالة جمع C.M.Rick بذورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار، وبارتفاع مترين من خط المد بالساحل الشمالى الغربى لجزر جالاباجوس.

كانت هذه النباتات معرضة لتركيزات عالية جداً من الملح؛ بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط؛ كما وجد نامياً بجانبها عدد من النباتات المحبة للملوحة halophytes. وباختبار هذه السلالة فى محلول مغذى ماء البحر، استمرت النباتات فى النمو، مع زيادة تركيز نسبة ماء البحر فى المحلول المغذى، إلى أن وصلت إلى ١٠٠٪، بينما لم يمكن لنباتات الطماطم البقاء عندما وصل تركيز ماء البحر فى المحلول المغذى إلى ٥٠٪. وقد حدث نقص فى معدل نمو كل من الطماطم والسلالة البرية تحت ظروف الملوحة، مما يعنى أن أياً منهما لم يكن مستفيداً من - أو بحاجة إلى - التركيزات المرتفعة من الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٦).

هذا.. إلا أن دراسات أخرى نشرت بعد ذلك أكدت حساسية هذه السلالة - LA 1401 من *L. cheesmanii f. minor* - للملوحة العالية. فأوضح Hassan & Desouki (١٩٨٢) أن هذه السلالة كانت الأكثر حساسية للملوحة من بين ٢٢ صنفاً وسلالة قاما باختبارها. كما وجد Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) أنها كانت أكثر حساسية من الصنفين أيس، وإدكاوى.

وقد ذكر أن النوع *L. peruvianum* أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهريّة بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم؛ مثل: معدل النتج، وكثافة الثغور ومدى اتساعها، ومستوى حامض الأبسيسيك (Phills و آخرون ١٩٧٩).

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين *L. peruvianum* و *L. pennellii*، أقل حساسية للملوحة من الطماطم؛ حيث نقص وزنهما الجاف ومحتواه النسبى من الرطوبة - بدرجة أقل - عند تعرضهما للملوحة العالية، وظلا أكثر غضاضة، وتراكم بهما كميات أكبر

من الصوديوم والكلورين، وكميات أقل من البوتاسيوم. وقد وجد الباحثان أن هذين النوعين، والنوع *L. cheesmanii* تنمو بدرجة أسرع من الطماطم في البيئة الملحية، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم في الظروف الطبيعية. وقد أظهر النوع *L. pennellii* - في هذه الدراسة - أكبر درجة من الغضاضة، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية. كما استخدم Sacher (١٩٨٣) السلالة P.I. 124502 من *L. pennellii* كمصدر لصفة القدرة على تحمل الملوحة في برنامج للتربية.

كذلك أظهرت دراسة أجراها Dehan & Tal (١٩٧٨) على الطماطم والنوع *L. pennellii* أن النموات القمية والجذرية لم تتأثر - جوهرياً - بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللي مول من كلوريد الصوديوم. وقد حدث - في النوع البري - تراكم لأيوني الكلورين والصوديوم، ونقص لأيون البوتاسيوم - مع زيادة الملوحة - مقارنة بالطماطم.

كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع *L. pennellii* يتراكم فيها الصوديوم بون أن يكون لذلك تأثير كبير في النمو النباتي؛ الأمر الذي يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون.

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من *L. pimpinellifolium* ، و٨ سلالات من *L. peruvianum* ، ووجدوا - من بينها - ٤ سلالات من النوع الأول تميزت بقدرتها على تحمل الملوحة؛ وهي PIM - 85 ، و PIM - 847 ، و PIM - 1135 ، و PIM - 2350 . وفي اختبار شمل ١٠٦ أصناف وسلالة من سبعة أنواع من الجنس *Lycopersicon* .. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) صفة تحمل الملوحة في كل من السلالة *L. esculentum* var. *cerasiforme* ، والسلالتين LA 1579 ، و P.I. 365967 من *L. pimpinellifolium* ؛ كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبياً:

L. pimpinellifolium P.I. 309907, P.I. 365959, P.I. 375937, P.I. 379023, P.I. 379025, and P.I. 390716.

L. hirsutum P.I. 365907 and P.I. 365934.

L. peruvianum P.I. 306811.

L. chmielewskii P.I. 379030.

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين *L. peruvianum* ، و *L. pennellii* ، وثلاث سلالات من النوع *L. esculentum* var. *cerasiforme* ، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نمواً وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضرراً من الملوحة.

وخلافا لكل ما ذكر عن مقاومة بعض الأنواع البرية للملوحة.. فقد وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهرياً - عن الأنواع *L. cheesmanii* ، و *L. peruvianaum* ، و *L. pennellii* - في تحمل الملوحة في مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللي مول من ملح كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم؛ بنسبة مولارية قدرها ١ : ١. ومع زيادة الأملاح تدريجياً من صفر إلى ١٠٠ مللي مولار من الملح بنسبة مولارية قدرها ٥ : ١ في مزرعة رملية.. لم يختلف النقص النسبي في المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA 1401 من *L. cheesmanii* . وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجي لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفاً في التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه في التركيزات العالية. ولكن الصورة قد تتضح - بشكل أفضل - بإعادة الإشارة إلى ما وجدته Hassan & Desouki (١٩٨٢)، والذي أكدته Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) من أن هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التي اختبرت معها.

وعموماً.. فإنه يبدو - كما ذكر Phills وآخرون (١٩٧٩) - أن هذا النوع *L. cheesmanii* ليس مقاوماً بذاته، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد. وكان ذلك الاستنتاج قريباً مما توصل إليه Sacher وآخرون (١٩٨٢) بشأن تحمل

النوع *L. pennellii* للملوحة؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التي تتحكم في القدرة على تحمل الملوحة في سلالات الجيل التاسع للتقليح:

(New Yorker X *L. pennellii*) X New Yorker

تأتى من الأبوين - المزروع والبرى - وتتفاعل معاً بطريقة إضافية.

من المفضل اختبار تحمل النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر، بدلاً من الري بمحلول لأحد الأملاح أو المخلوط من أملاح معينة؛ ذلك لأن توازن الأملاح - الذى يوجد فى ماء البحر - يجعله أكثر المحاليل الملحية قرباً إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنسيوم والكبريتات والكربونات، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨٠).

ومن أهم خصائص ماء البحر ما يلى :

- ١ - يبلغ محتواه من الأملاح ٣,٥٪؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون.
- ٢ - يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٠,٥ مولاراً، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءاً فى المليون، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزءاً فى المليون.
- ٣ - تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٤٦,٣ مللى موز/سم (Weast ١٩٧٦).

أجرى Hassan & Desouki (١٩٨٦) اختبارات التقييم لمقاومة الملوحة بإنتاج شتلات الطماطم فى وسط عادى (مخلوط من الرمل والبيت موس بنسبة ١ : ١)، ثم شتلها فى أصص بقطر ٢٠ سم - مملوءة بالرمل المغسول - بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص - وريها لمدة ٢ - ٤ أسابيع بمحلول مغذ حتى تستعيد نموها، ثم تبدأ بعد ذلك معاملة الملوحة، وتستمر لحين موت جميع نباتات المقارنة، ويمكن أن تستمر لمدة أسبوع أو أسبوعين آخرين لزيادة فاعلية الانتخاب.

وقد أجرى الباحثان معاملة الملوحة بالرى خمس - مرات أسبوعياً - بمحلول مغذ فى ٥٠ - ٧٥٪ ماء بحر. استعمل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيقة، وفى حالات الإضاءة الضعيفة. كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعياً؛ بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجياً. كما أدت عملية الغسيل إلى نقل الأملاح إلى منطقة الجذور؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة فاعلية عملية الانتخاب لمقاومة الملوحة. وقد سجل الباحثان عدد النباتات الميتة بفعل الملوحة يومياً، وعرضا النتائج كنسبة مئوية متراكمة للنباتات الميتة مع الزمن.

وفى دراسة أخرى.. أجرى Hassan وآخرون (١٩٨٩) اختبار التقييم فى حجرة للنمو، مع رى البادرات ابتداء من عمر خمسة عشر يوماً - لمدة شهر - بمياه جوفيه خفف فيها تركيز الأملاح من نحو ٥٠ مللى موز/سم إلى ١٥ مللى موز/سم. أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة.

واستخدم Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) - فى تقييمهم لمقاومة الملوحة - محلولاً ملحيّاً يتكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (بنسبة ٣ : ١)؛ بتركيزات ١٠ آلاف جزء فى المليون، وكان دليلهم على تحمل الملوحة صفات وزن النبات، وعدد العناقيد الزهرية، والمحصول الكلى.

وبالمقارنة.. وجد Cruz وآخرون (١٩٩٠) أن أفضل دليل لاختبارات تحمل الملوحة (اشتملت الاختبارات على ٣٩ سلالة وصنفاً من خمسة أنواع من الجنس *Lycopersicon*) هو قياسات طول النبات، والوزن الجاف للأوراق، والوزنان الجاف والطازج للسيقان، ومحتوى الأوراق من عنصرى الكلور والصوديوم.

ويعتمد بعض الباحثين - فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة - على أمرين؛ هما:

١ - مستوى الملوحة المحتمل Salinity Threshold .. وهو الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن للنبات أن يتحملة دون أن ينخفض محصوله.

٢ - الانحدار Slope .. وهو الارتداد الخطى linear regression للنقص في المحصول، مقابل الزيادة في مستوى الملوحة بعد المستوى المحتمل.

ويمكن أن يكون المحصول هو محصول الثمار الفعلى في الأصناف التجارية، أو الوزن الجاف للسيقان، وللأوراق في أى من الأصناف التجارية، أو السلالات البرية.

وقد استخدم Bolarin وآخرون (١٩٩١) تلك الطريقة في تقييم ٢١ سلالة تنتمي إلى أربعة أنواع برية من الجنس *Lycopersicon*، وكانت أكثر السلالات تحملاً للملوحة في هذه الدراسة هي السلالة PE-2 من *L. pimpinellifolium*، وتلتها السلالات PE-45 (*L. pennellii*)، و PE - 34، و PE-43 (*L. hirsutum*)، و PE-16 (*L. peruvianum*) .

وهناك من الباحثين من اعتمد في اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور في وسط ملحي. فاختر Jones (١٩٨٦) سرعة إنبات بنور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية من الجنس *Lycopersicon* ، و ٢٠ سلالة من الطماطم في أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتاً - مرتبة تنازلياً - هي:

السلالة PI 126435 من *L. peruvianum* .

السلالة LA 716 من *L. pennellii* .

السلالة PI 174263 من *L. esculentum* .

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية من الإنبات في وجود كلوريد الصوديوم، وكانت من النوعين *L. pimpinellifolium* و *L. peruvianum* . هذا .. إلا أن معاملة الملوحة أخرت الإنبات في جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول)؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهرياً - كذلك - في غياب كلوريد الصوديوم. كذلك وجد Sinel'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطم Yusupovskii، و Karlik 1185 كانا مقاومين؛ حيث أنبتت بنورهما على حرارة ٢٢م في محلول ملحي يحتوى على ٨٥، ٠٪ من

كلوريد صوديوم؛ بنسبة إنبات بلغت ١٠٠٪، و٩٦٪ للصنفين على التوالى. وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلها فى أصص وريهما بمحلول ملحي، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما.

وقد درس El - Beltagy وآخرون (١٩٧٩) تأثير الملوحة فى التركيزات الداخلية للإثيلين فى سيقان، وأوراق، وجذور نباتات الطماطم، والفلفل، والسبانخ؛ حيث وجبوا أن معاملة الملوحة العالية أحدثت زيادة ملحوظة فى تركيز الإثيلين فى كل من الأجزاء الهوائية والأرضية لنباتات الطماطم والفلفل، بينما لم تظهر أية زيادة فى تركيز الغاز فى نباتات السبانخ. وقد خلص الباحثون إلى أن ذلك ربما يعكس القدرة الطبيعية للسبانخ على تحمل الملوحة.

وفى دراسة أخرى.. وجد El - Saeid وآخرون (١٩٨٨) - لدى اختبارهم عدة أصناف من الطماطم - وجود ارتباط موجب عالٍ بين تأثير كل من معاملى الإثيفون والملوحة على النباتات؛ من حيث سقوط الأوراق والأزهار. كما أدت المعاملة بالإثيفون إلى زيادة التأثير الضار للملوحة على النباتات. كذلك حصل الباحثون (El - Saeid وآخرون ١٩٨٨) على نتائج مماثلة على اللوبيا.

وكان El - Beltagy & Hall (١٩٧٩) قد وجدا اختلافات جوهرية فى المستويات الداخلية للإثيلين، وفى معدل تساقط الأوراق عندما عرضت نباتات صنفين من الفول الرومى لظروف استمرار تشبع وسط نمو الجذور بالرطوبة؛ حيث أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى تركيز الإثيلين فى كل من النموات الجذرية والهوائية لنباتات الفول الرومى.

وتؤكد تلك الدراسات وجود اختلافات فى مدى حساسية النباتات للإثيلين، وفى قدرتها على إنتاج الغاز فى الظروف التى تعيق امتصاصها للماء من التربة (كزيادة الملوحة أو الغدق). وقد أدى ذلك إلى اقتراح الباحثين استخدام الإثيلين، أو المركبات المنتجة له - مثل الإثيفون - فى تقييم قدرة النباتات على تحمل نقص الماء الأرضى.

وقد جرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة. وتبعاً لـ Fillippone (١٩٨٥) .. فإن أفضل تركيز للمح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٥ ٪. وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعاً على بيئة Linsmaier & Skoog، أضيف إليها IBA، BA . وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يوماً من بداية الاختبار؛ مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينهما فى القدرة على تحمل الملوحة.

كذلك تمكن Bourgeois وآخرون (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى صنف الطماطم سانت بيير St - Pierre، على صورة زيادة مضطربة فى النمو النباتى، مع النقل المتكرر إلى بيئات مغذية، تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ٧٥ أو ١٠٠ مللى مول. وقد استمرت الزيادة فى القدرة على تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين. وقد استخدم الباحثون فى هذه الدراسة - لمزارع الأنسجة - إما النسيج الطرفى للسيقان (بما فى ذلك البرعم القمى والسلاميات الأخيرة)، وإما نسيج الكالوس المتكون من جذور أو سيقان النباتات.

وفى محاولة لربط جينات تحمل الملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophoresis دونما حاجة إلى اختبارات التقييم فى وسط ملحي.. قام Zamir & Tal (١٩٨٧) بدراسة الآباء، والجيل الأول، والجيل الثانى لهجين نوعى بين الطماطم الحساسة للملوحة، والنوع البرى *L. pennellii* المتحمل لها؛ فوجدوا - كما كان معروفاً من قبل - أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم. وبتحليل ١١٧ نباتاً من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيماً (موزعة على تسعة من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر) بطريق الفصل الكهربائى.. أمكن التعرف على أربعة مواقع جينية ذات تأثير كمى على امتصاص أيونى الصوديوم والكلورين، وموقعين آخرين مؤثرين فى امتصاص أيون البوتاسيوم.

ثانياً - : وراثه القدرة على تحمل الملوحة

أجمعت الدراسات القليلة - التى أجريت على وراثه القدرة على تحمل الملوحة فى الطماطم - على أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى، ومع ذلك.. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من *L. cheesmanii* f. *minor* كمصدر لها (Rush & Epstein ١٩٨١)، ولكن تطلب الأمر الانتخاب للصفة حتى الجيل الثالث قبل كل تلقيح رجعى (Hassan & Desouki ١٩٨٦). وكما سبق بيانه.. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح:

(New Yorker X *L. pennellii*) X New Yorker

إن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تاتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معاً بطريقة إضافية.

ثالثاً: طبيعة القدرة على تحمل الملوحة

تبين - لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة فى كل من الطماطم والنوع البرى *L. cheesmanii* المقاوم للملوحة - ما يلى :

١ - حدثت فى كليهما زيادة فى محتوى النباتات من النيتروجين الأمينى والحموضة الحرة، وكانت تلك الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى.

٢ - كان الحامض الأمينى برولين Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة.

٣ - حدثت كذلك زيادة واضحة جداً فى تركيز الحامض الأمينى أسبارتك aspartic مع زيادة الملوحة، إلا أنه لم تظهر اختلافات بين الطماطم والنوع البرى فى هذا الشأن.

٤ - صاحبت زيادة الملوحة زيادة كبيرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

٥ - تراكمت بؤراق النوع البرى كميات كبيرة من الصوديوم بون أن يتأثر بشدة، أو تبدو عليه علامات التسمم من الصوديوم، بينما لم يحدث ذلك التراكم فى أنسجة أوراق

الصنف الحساس VF 36 (Rush & Epstein 1976).

كما وجد Rush & Epstein (1981) - من دراستهما على جنور صنف الطماطم والتر Walter والسلالة LA 1401 من *L. cheesmanii* - أن جنور النوع البري امتصت كميات من البوتاسيوم أكبر بكثير مما امتصت الطماطم في أي من تركيزات الملوحة التي استعملت في هذه الدراسة، خاصة في التركيزات المنخفضة (من ٠,١ إلى ٠,١ مللى مول كلوريد صوديوم)، وفي التركيزات المرتفعة (٥٠ - ١٠٠ مللى مول)؛ وانتقل إلى النموات الخضرية في النوع البري كميات من الصوديوم أكبر بكثير مما انتقل إلى الطماطم، بينما كان انتقال البوتاسيوم من الجذور إلى النموات الخضرية محدوداً. وقد حل الصوديوم - جزئياً - محل البوتاسيوم في النوع البري، بينما لم يحدث ذلك في الطماطم.

وقد قارن Rush (1986) هذه السلالة من *L. cheesmanii* ببعض أصناف الطماطم، ووجد أن النوع البري هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة؛ وكان مرد ذلك إلى قدرته على تحمل تراكم الصوديوم في أوراقه، وهو العنصر الذي امتصه النوع البري ونقله إلى الأوراق بمعدلات أكبر من الطماطم؛ حيث تركز في أماكن معينة منها.. وهو ما يعرف باسم Compartmentation.

كانت الدراسات السابقة تركز على كون السلالة LA 1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التي قورنت بها؛ ولكن دراسات أخرى - سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki 1982، و Mahmoud وآخرون 1986) - أوضحت خلاف ذلك؛ حيث كانت هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التي قورنت بها، وبالرغم من ذلك.. فلم يتغير نمط تراكم الأملاح بها.. فعندما قارن Mahmoud وآخرون (1986) هذه السلالة (التي كانت أكثر حساسية للملوحة في اختبارهم) بالصنفين: أيس (المعروف بحساسيته للملوحة) وإدكاوى (الذي كان أكثر تحملاً للملوحة).. وجدوا أن أوراق السلالة البرية والصنف إدكاوى احتوت على تركيزات أعلى من أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور، وتركيزات من أيون البوتاسيوم أقل من أوراق الصنف أيس. الذي كان - كذلك - أقل

عصيرية Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة.

ويستدل من الدراسات التي أجريت على النوع البرى *L. pennellii* على أن الصوديوم يتراكم في نباتاته تحت ظروف الملوحة، بينما يقل تركيز البوتاسيوم فيها، مقارنة بما يحدث في ظروف غياب الملوحة، وربما يرجع ذلك إلى ضعف كفاءة النباتات في استبعاد أيون الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم في ظروف الملوحة العالية (عن Tal ١٩٨٤).

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة في الأنسجة النباتية - تحت ظروف الملوحة العالية - لا يرتبط بمقاومة النباتات للملوحة، كما تدل على ذلك دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٣). وقد قارن الباحثون صنف الطماطم New Yorker بالسلالة P.I. 246502 من النوع البرى *L. pennellii*، و١٦ سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (١، ٠، ١٠، ١٠٠ مولار كلوريد صوديوم)، وفي الظروف العادية. وقد أظهرت هذه الدراسة وجود مجال واسع من القدرة على تحمل الملوحة في سلالات التربية التي كانت أكثر تحملاً من الصنف التجارى. وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطاً - بشكل جوهري - بالقدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأوراق النباتات، بينما لم يوجد أى ارتباط بين القدرة على النمو تحت الظروف الملحية وبين التركيز المطلق لأى من الصوديوم أو الكلورين بأوراق النباتات في هذه الظروف. وتُحدّد القدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأنها نسبة الأيون بأوراق النباتات النامية تحت الظروف الملحية إلى نسبته بأوراق نفس التركيب الوراثي عند نموه في الظروف العادية. وتدل النسبة المنخفضة على زيادة قدرة النبات التنظيمية للأيون.

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher (١٩٨٢) أن القدرة على تحمل الملوحة في هذه السلالات كان مردها إلى القدرة على تنظيم استبعاد أيون الصوديوم، مع زيادة في قدرة الأنسجة على تحمل الزيادة المتوسطة في تركيز الملح.

كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وآخرون ١٩٨٨) في مستويات مختلفة من الملوحة أنه - مع زيادة

الملوحة - حل الصوديوم محل البوتاسيوم بدرجة واحدة في جنور الصنفين. لكن هذا الإحلال للبوتاسيوم اختلف بين الصنفين في الأنسجة الأخرى التي درست؛ حيث أبقى الصنف المقاوم على تركيزات أعلى من البوتاسيوم في السيقان والأوراق في مختلف مستويات الملوحة. ومع زيادة الملوحة.. حافظ الصنف Edkawy على نسبة أفضل بين أيوني البوتاسيوم والصوديوم في كل الأنسجة، وبين أيوني الكالسيوم والصوديوم في الجنور من الصنف الحساس E 6203. أما أيون الكلورين.. فقد كان الأنيون الرئيسي المؤثر في حالة التوازن في النبات؛ فقد تراكم - بدرجة أكبر - في الجنور، وبدرجة أقل في السيقان والأوراق في الصنف الحساس مما في الصنف المقاوم - خاصة في المستويات العالية من الملوحة (حتى ٢٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) - بينما كانت مستويات الصوديوم أقل في الجنور وأعلى في الأوراق في الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨ أ).

ويمقارنة الطماطم - تحت ظروف الملوحة العالية - بسلالات قادرة على تحمل الملوحة من كل من الأنواع البرية: *L. pennellii*، و *L. cheesmanii*، و *L. peruvianum* ونباتات الجيل الأول بينها وبين الطماطم.. تبين أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم كانت في أوراق وسيقان السلالات التي تتحمل الملوحة أعلى منها في السلالات الحساسة لها. كما وجد أن السلالات البرية - التي تتحمل الملوحة ونباتات الجيل الأول بين الطماطم والنوع *L. pennellii* - تميزت بانخفاض محتوى أوراقها من أيون الكلور بانخفاض نسبة محتوى الأوراق إلى محتوى السيقان من نفس الأيون مقارنة بصنف الطماطم الحساس. كذلك تبين وجود ارتباط موجب بين المادة الجافة والبوتاسيوم إلى الصوديوم في السيقان، وارتباط سالب بين المادة الجافة وتركيز الكلور في الأوراق (Saranga وآخرون ١٩٩٣).

وعن مستوى البرولين Proline في النباتات المعرضة لظروف الملوحة.. سبقت الإشارة إلى ما وجده Rush & Epstein (١٩٧٦) من أنه أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة. وقد قارن Katz & Tal (١٩٨٠) مستوى البرولين المتراكم في أنسجة الكالوس المتحصل عليها من أوراق أصناف الطماطم التجارية والنوع البري *L. peruvianum* في

بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين. ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعي - فى أنسجة الكالوس الخاصة بالأصناف التجارية ازداد - عند تعرضها لزيادة كلوريد الصوديوم -، بدرجة أكبر مما حدث فى أنسجة النوع البرى، وكان مماثلاً لما يحدث - عادة - فى النباتات الكاملة لدى تعرضها لظروف قاسية. وقد تراكم البرولين فى أنسجة الكالوس النامية فى بيئة أضيف إليها البرولين بدرجة واحدة فى الطماطم والنوع البرى، إلا أن تركيز الحامض الأميني تناقص فى أنسجة الكالوس - مع الوقت - فى النوع البرى بدرجة أكبر مما فى الطماطم .

رابعاً : التربية لتحمل الملوحة

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA1401 من النوع البرى *L. cheesmanii f. minor*، وأنتجا الجيلين الأول والثانى، والتهجينات الاختبارية، والجيل الثالث للتهجين الرجعى الأول إلى صنف الطماطم. وقد انتخبا من هذا الجيل الرجعى الأول سلالات كانت على درجة عالية من القدرة على تحمل الملوحة؛ حيث أمكنها البقاء، وأنتجت محصولاً من الثمار، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠٪.

وقد حصل Hassan & Desouki (١٩٨٦) - كذلك - على سلالات متشابهة فى الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الأول بين صنف الطماطم Peto 86 ونفس السلالة البرية السابقة.

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضاً على سلالات قادرة على تحمل الملوحة، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأولى إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى *L. pennellii*. ويتضح مما تقدم أن محاولات التربية لتحمل الملوحة - التى نما علمها للمؤلف - لم تتعد - إلى الآن - مرحلة التهجين الرجعى الأول.

القاون

قام Shannon وآخرون (١٩٨٤) بتقييم ٢٩ صنفاً وسلالة من *C. melo* للقدرة على إنبات البذور، وبزوغ البادرات في محلول ملحي بتركيز - ٠,٦ باراً (ضغط جوى)، يتكون من مخلوط من كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم؛ بنسبة مولارية مقدارها ٢ : ١. كما قيم الباحثون نمو البادرات في مزرعة رملية تحت ظروف الصوبة، كانت تروى فيها النباتات بمحلول مغذ ملحي يبلغ ضغطه الأسموزى -٣,٠، أو -١,٧، أو -٣,٣ باراً. وقد أدت الملوحة العالية إلى إنقاص النمو، ولكن ظهرت اختلافات كبيرة بين الأصناف والسلالات المختبرة في قدرة بذورها على الإنبات، وقدرة بادراتها على النمو تحت ظروف الملوحة.

ومن ناحية أخرى.. اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سبع سلالات من خمسة أنواع برية من الجنس *Cucumis* لمقاومة الملوحة، ولم يعثروا على مقاومة تذكر في أى منها.

الخيار

درس Jones وآخرون (١٩٨٩) تأثير سبعة تركيزات من الملوحة (من EC صفر إلى ١٥ مللى موز/سم) على ستة أصناف من الخيار، وأوضحت تلك الدراسة وجود ارتباط في أحد الأصناف - بين طول البادرة عند EC ٩,٠ والمحصول النسبي عند EC ٤,٠.

ويذكر Pierce & Wehner (١٩٩٠) أن صفة القدرة على تحمل الملوحة تتوفر في الخيار، ويتحكم فيها جين واحد متنح، يأخذ الرمز *sa*.

الخس

عثر Shannon (١٩٨٠) على اختلافات بين نباتات صنف *Empire* الخس - من حيث القدرة على تحمل الملوحة - وتمكن الباحث من عزل سلالات نقية أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الصنف الأصلي، إلا أنه لم يحدث مزيد من التحسن في الصفة بمزيد من الانتخاب، وهو الأمر المتوقع بالنسبة لمحصول ذاتي التلقيح كالخس.

وفى دراسة أخرى.. وجد Shannon & McCreight (١٩٨٤) اختلافات بين ١١٥ سلالة من الخس - من حيث القدرة على تحمل الملوحة - تزيد على الاختلافات التى ظهرت بين الأصناف التجارية. وقد اعتمد تقييمهما لتلك الصفة على مقارنة النمو النباتى تحت ظروف الملوحة العالية.

البصل

أوضحت اختبارات Wannamaker & Pike (١٩٨٧) - التى أجريت على مقاومة الملوحة فى خمسة أصناف من البصل - عدم وجود علاقة بين القدرة على الإنبات، والقدرة على النمو فى مستويات مختلفة من الملوحة، وكانت جميع الأصناف المختبرة حساسة للملوحة، فيما عدا الصنف Texas Grano 1015Y، الذى أنبتت بعض بذوره فى مستوى مرتفع من الملوحة، بلغ ٤٥٠ ملليموزاً.

التربة لتحمل نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها

أولاً : تحمل نقص الرطوبة الأرضية (ظروف الجفاف)

تعريف تحمل الجفاف فى النباتات

يختلف التعريف البيولوجى والإيكولوجى (أو البيئى) لتحمل النباتات للجفاف عن التعريف الزراعى أو المحصولى؛ فالتعريف البيولوجى لا يتطلب أكثر من بقاء النبات حياً وإنتاجه لى عدد من البذور عقب تعرضه لنقص حاد فى الرطوبة الأرضية (عن Myers وآخرين ١٩٨٦). ويتحقق ذلك - غالباً - من خلال حدوث نقص فى المساحة الورقية، وخفض فى النشاط الأيضى، وغير ذلك من الظواهر التى توصف مجتمعة باسم Cryptobiosis. وترتبط تلك الظواهر - عادة - بنقص فى المحصول؛ ولذا.. فإن فائدتها محدودة للمربى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

وبالمقارنة.. فإن التعريف الزراعى أو المحصولى لتحمل الجفاف يتطلب أن يكون النمو النباتى كافياً لإنتاج محصول اقتصادى.

ويميل بعض العلماء إلى استعمال مصطلح مقاومة الجفاف Drought Resistance؛ ليعنى به حالتى : تجنب الجفاف Drought Avoidance، وتحمل الجفاف Drought Tolerance. ويعنى بتجنب الجفاف قدرة النباتات على إكمال دورة حياتها فى فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة، كما فى عديد من النباتات الصحراوية.

ويرجع تحمل النباتات للجفاف إما إلى قدرتها على تأخير فقد الرطوبة من أنسجتها (Desiccation)، وإما إلى تحملها الفقد الرطوبي عند حدوثه. ويحدث تأخير الفقد الرطوبي إما بخفض النبات لمعدل النتح، وإما بزيادة معدل امتصاصه للماء. أما تحمل النبات للجفاف فيحدث من خلال التنظيم الأسموزي لخلايا النبات بالقدر الذي يسمح باستمرار امتلائها (cell turgor)، وتوسعها (Cell expansion)، ونموها (عن Parsons ١٨٧٩، و Hasegawa وآخرين ١٩٨٤).

ونظراً لأهمية الفقد الرطوبي، ومعدل البناء الضوئي - تحت ظروف الجفاف - في تحمل النباتات للجفاف.. فإن تلك القيم تدخل في معادلات حساب المحصول البيولوجي والمحصول الاقتصادي، كما يلي:

$$W = mT / E_0$$

حيث إن :

W = المحصول البيولوجي .

m = ثابت خاص بالنبات.

T = النتح الخاص بالمحصول Crop Transpiration .

E_0 = التبخر السطحي والنتح الممكنان للمحصول Potential Evapotranspiration .

ويمكن استبدال القيمة T بالقيمة E_a ، وهي التبخر السطحي والنتح الفعليان للمحصول.

أما المحصول الاقتصادي فيقدر بالمعادلة التالية :

$$EY = E_a \times WUE \times HI$$

حيث إن :

EY = المحصول الاقتصادي.

WUE = كفاءة استعمال الماء Water Use efficiency (كمية الماء المفقودة مقابل كل وحدة وزن من المادة العضوية المصنعة).

HI = دليل الحصاد (عن Blum ١٩٨٩).

هذا .. وتختلف خاصية تحمل الجفاف فى النباتات عن خاصية تحمل الحرارة العالية التى سبقت مناقشتها فى الفصل السادس.

طبيعة تحمل الجفاف فى النباتات

يتعين - كما أسلفنا - التمييز بين حالتى تجنب الجفاف وتحمله. فبالنسبة لتجنب الجفاف Drought Avoidance .. نجد أنه يحدث إما من خلال الإفلات منه Drought Escape، وإما من خلال «خصائص النباتات الصحراوية Xerophytic Characteristics» التى اكتسبتها أثناء تطورها فى بيئتها الصحراوية.

ويحدث الإفلات من ظروف الجفاف بأن تنبت بذور النبات عقب المطر الغزير، ثم تكمل النباتات نموها الخضرى - الذى يكون غالباً محدوداً جداً - وتزهر وتثمر فى فترة لا تتجاوز ٤ - ٦ أسابيع؛ وبذا.. تستفيد النباتات من الرطوبة المحدودة الموجودة فى التربة، وتكمل دورة حياتها قبل أن تتعرض لظروف الجفاف.. ويشاهد ذلك كثيراً فى المناطق الصحراوية. كذلك يمكن أن يحدث الإفلات من الجفاف فى بعض أصناف المحاصيل الزراعية التى تنضج وتعطى محصولها الاقتصادى مبكراً قبل حلول موسم الجفاف (عن Clarke & Townley ١٩٨٤) ويعيب النباتات التى تتجنب ظروف نقص الرطوبة الأرضية وتقلت منها تماماً أنها لا تتحمل ظروف نقص الرطوبة الأرضية إذا تعرضت لها (عن Stevens ١٩٨١).

ومن الخصائص الأخرى الهامة للنباتات الصحراوية - التى تمكنها من تجنب الجفاف - تكوين طبقة سميكة من الشمع على مختلف الأسطح النباتية تمكنها من خفض معدل النتح إلى أدنى مستوى ممكن، وقلة عدد الثغور بالأوراق، وكبر الفجوات العصارية مع تراكم

المركبات العضوية الذائبة في السيتوبلازم، وتشعب المجموع الجذري (عن Quisenberry ١٩٧٩). وجميع هذه الصفات مكتسبة في النباتات الصحراوية، ومثبتة Fixed فيها؛ بمعنى أنه لا تتوفر - في النوع الواحد منها - تباينات في تلك الصفات.

وبالمقارنة بالنباتات الصحراوية.. فإن النباتات العادية هي التي تتوفر في بعض أنواعها تباينات في الصفات التي تجعل بعض سلالاتها أو أصنافها أكثر - أو أقل - تحملاً لظروف الجفاف من غيرها ويستفاد من هذه التباينات في تربية أصناف تجارية أكثر تحملاً لظروف الجفاف، وفي دراسة وراثية تلك الصفات. ويفضل دائماً أن تجمع النباتات المرية (بهدف زراعتها في المناطق التي تتعرض لنقص في الرطوبة الأرضية) بين صفتي القدرة على تجنب ظروف الجفاف، وتحمل تلك الظروف في آن واحد.

ومن أهم الصفات التي تؤثر في قدرة النبات على تحمل نقص الرطوبة الأرضية في المحاصيل الزراعية ما يلي:

١ - إنبات البذور :

يُعتقد بأن قدرة البذور على الإنبات في ظروف الجفاف (نسبة الإنبات وسرعته) ترتبط بمدى قدرة النباتات الأكبر على تحمل تلك الظروف. وبالفعل.. وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات القمح والذرة في نسبة وسرعة إنبات بذورها تحت ظروف الجفاف. وبعد التوصل إلى التباينات الأولية في تلك الصفة.. أمكن إجراء اختبارات الإنبات بسهولة في بيئات ذات ضغط أسموزي مناسب؛ حيث تستخدم فيها مركبات مثل الـ D - mannitol ، والبوليثلين جليكول Polyethylene glycol (PEG)، والـ Carbowax . وأوضحت الدراسات التي أُجريت في هذا الشأن أن أفضل ضغط أسموزي للمحلول الذي تستنب فيه البذور - بهدف الانتخاب لصفة تحمل ظروف الجفاف - هو: -١,٠ MPa لقمح الشتاء، و-١,٥ MPa للذرة. ويفيد استخدام تلك المحاليل في اختبارات الإنبات - في المختبر - في تقييم مئات البذور خلال فترة زمنية قصيرة، ولكن يتعين التأكد من الصفة - في السلالات المنتخبة - في اختبارات أخرى تجرى تحت ظروف الحقل.

وقد اختلف الباحثون بشأن الارتباط بين صفة القدرة على الإنبات تحت ظروف الجفاف، وتحمل النباتات لتلك الظروف في مراحل النمو اللاحقة. ويسود الاعتقاد بأن هذا الارتباط ضعيف أو غير موجود، وخاصة أن بذور بعض النباتات - مثل القمح - تُبدى قدراً كبيراً من التحمل لظروف الجفاف إلى أن يكتمل إنباتها، ولكن بادراتها تكون شديدة الحساسية لنقص الرطوبة الأرضية بمجرد بزوغها من التربة.

٢ - نمو البادرات :

وجد في الذرة ارتباط كبير بين قدرة البادرات على النمو في ظروف الجفاف وقدرة النباتات البالغة على تحمل تلك الظروف. ويمكن الاعتماد على اختبار البادرات في تقييم آلاف النباتات في الأجيال الانعزالية، ثم انتخاب المتميزة منها لاستمرار اختبارها في المراحل المتقدمة من نموها. ونظراً لصعوبة توفير مستوى منخفض ثابت من الرطوبة الأرضية في اختبارات البادرات؛ .. يفضل إجراء التقييم في مزارع مائية، مع إضافة أحد المركبات التي ترفع الضغط الأسموزي للمحاليل المغذية؛ مثل الـ PEG بالتركيز المناسب؛ ليضعف من قدرة النباتات على امتصاص الرطوبة إلى المستوى الذي يحاكي ما يحدث في الطبيعة في ظروف الجفاف (عن Clarke & Townley-Smith، ١٩٨٤).

٣ - التبكير في النضج :

يفيد التبكير في النضج في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية عند نقص الرطوبة الأرضية، وهو - كما أسلفنا - يعد إفلتاً من ظروف الجفاف؛ لأنه لا يجعل النبات أكثر تحملاً لظروف الجفاف إن تعرض لها. وقد وجد في القمح - على سبيل المثال - ارتباط سالب قوى بين محصول الحبوب وعدد الأيام إلى حين بدء ظهور السنبل، وأمكن إرجاع ٤٠ - ٩٠٪ من الاختلافات بين السلالات في محصول الحبوب - تحت ظروف الجفاف - إلى مدى التبكير في النضج. كما توصل الباحثون إلى أن محصول قمح الشتاء يزداد - في ظروف الجفاف - بمقدار ٥٤ - ١٢٠ كجم/ هكتار مع كل تبكير في النضج بمقدار يوم واحد في الأصناف الأكثر تبكيراً من الصنف Kharkof.

ويجب الحذر عند الاعتماد على التذكير في النضج بهدف الانتخاب لزيادة المحصول في ظروف الجفاف؛ فهذه الصفة لا تفيد كثيراً إلا عند اعتماد الزراعة على مخزون الرطوبة في التربة. أما في السنوات الكثيرة الأمطار، أو عند الاعتماد على الري في إنتاج المحصول .. فإن الأصناف المبكرة قد تغل محصولاً أقل من نظيرتها المتوسطة النضج أو المتأخرة.

٤ - النمو الجذري :

تستطيع النباتات ذات النمو الجذري الكبير المتعمق والكثير التفريع في التربة أن تمتص الماء من أعماق كبيرة من التربة؛ الأمر الذي يؤخر احتمالات جفاف أنسجتها.

وتوجد اختلافات وراثية كبيرة - داخل النوع النباتي الواحد - في كثافة النمو الجذري، وفي نسبة الجنور إلى النموات الخضرية، علماً بأن تلك النسبة تتغير - في النبات الواحد - بتغير مرحلة نموه. ويكون النمو الجذري الكثيف - دائماً - على حساب النمو الخضرى؛ لأن الجنور تحصل على الغذاء اللازم لنموها من النموات القمية التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

وتتأثر نسبة الجنور إلى النموات الخضرية بعوامل أخرى لا دخل للجنور فيها؛ مثل سقوط أوراق الأشجار ذات الأوراق المتساقطة، ونقص المساحة الكلية للأوراق، وهو ما يعد أحد أهم أسباب تحمل النباتات الصحراوية البقاء تحت ظروف الجفاف، إلا أن نقص المساحة الورقية الكلية يصاحبه نقص في قدرة النبات على البناء الضوئى (عن Quisen-berry، ١٩٧٩، و Parsons، ١٩٧٩). ولا توجد أدلة على توفر اختلافات في صفة سقوط الأوراق داخل النوع النباتي الواحد.

وقد تأيدت العلاقة بين النمو الجذري الكثيف وتحمل ظروف الجفاف في كل من الأرز ال upland، والсорج، وفول الصويا.

ونظراً لصعوبة قياس كثافة النمو الجذري - فضلاً على تأثره الشديد بالظروف البيئية - فإنه لا يمكن الاعتماد على تلك الصفة عند الانتخاب لتحمل ظروف الجفاف.. ومع ذلك.. فقد وجد في محصول الأرز والذرة أن الانتخاب لصفة المحتوى المائى الجيد للأوراق - تحت

ظروف الجفاف - يعنى - تلقائياً - تحسناً فى النمو الجذرى للنباتات المنتخبة (عن Blum ١٩٨٩).

كذلك تبين - فى القمح على الأقل - وجود علاقة كبيرة مؤكدة بين النمو الجذرى للنباتات فى مراحل نموها الأولى (وهى بعمر أسبوع إلى شهر فى دراسات مختلفة) وعند اكتمال نموها ونضجها (عن Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤).

٥ - الزوايا التى تصنعها الورقة مع الساق :

تتميز بعض النباتات بقدرتها على تحريك أوراقها بحيث تبقى دائماً موازية لأشعة الشمس؛ الأمر الذى يقلل بشدة من الطاقة الإشعاعية التى تكتسبها الأوراق، والتى تؤدى - فى حالة اكتسابها - إلى فقدان الرطوبة من الأوراق؛ وبذا.. فإن حركة الأوراق هذه تعد إحدى وسائل تحمل النباتات للجفاف، وهى تعرف فى بعض أصناف الفاصوليا تحت ظروف الجفاف، وفى فاصوليا تبارى التى تعد من الأنواع التى تتحمل الجفاف.

٦- أديم الورقة وشعيراتها :

يعمل الأديم الشمعى (الذى يترسب فيه الشمع) السميك على سطح الأوراق على زيادة تحمل النباتات للجفاف؛ لأنه يخفض النتج الأديمى، كما يفيد فى زيادة انعكاس الأشعة الشمسية من على سطح الأوراق. وقد تأيدت علاقة الأديم السميك بنقص النتج وزيادة المحصول - تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية - فى السورج.

وتزيد طبقة الشمع الأديمى - طبيعياً - فى النباتات المعرضة للشمس عما فى النباتات التى تنمو فى الظل، كما يزداد سمك الأديم فى ظروف الجفاف والحرارة العالية.. فهى صفة شديدة التأثير بالعوامل البيئية المحيطة بالنبات (عن Parsons ١٩٧٩).

كذلك تعكس الأوراق التى تكثر شعيراتها Pubescent leaves الأشعة الشمسية بدرجة أكبر بكثير من الأوراق العديمة الشعيرات (كما فى الجنس *Encelia*)؛ الأمر الذى يعمل على خفض درجة حرارة الأوراق؛ ومن ثم خفض معدل نتج الماء منها (عن Clarke & Townley ١٩٨٤).

ومن جهة أخرى.. درس Denna (١٩٧٠) العلاقة بين كمية الماء التي يفقدها النبات وسمك طبقة الشمع على الأوراق في عدد من أصناف الكرنب، والقنبيط، والبروكولي، وكرنب بروكسل، والكولارد. وقد اختلفت هذه الأصناف - جوهرياً - في كمية الشمع التي توجد في وحدة المساحة من الورقة. وفي كمية الماء التي تفقدها عن طريق أى من: الثغور، أو الأديم (النتح الأديمي).

وأدت إزالة طبقة الشمع إلى زيادة معدلات النتح الأديمي، لكن لم يظهر سوى ارتباط ضعيف بين كمية الشمع التي توجد على سطح الورقة، وبين كمية الماء المفقودة من وحدة المساحة من الورقة ليلاً، أو نهاراً، وبناء على هذه النتائج.. أوصى الباحث بعدم التربية لزيادة الطبقة الشمعية السميكة heavy bloom، أو لزيادة كمية الشمع بوحدة المساحة من الورقة كوسيلة لزيادة القدرة على تحمل الجفاف في النوع *B. oleracea*.

٧ - حجم الخلايا ومعدل النمو :

يلاحظ أن خلايا النباتات تكون أصغر حجماً في ظروف نقص الرطوبة الأرضية، كما تكون فجواتها صغيرة الحجم. وتتميز الخلايا الصغيرة الحجم بأنها تكون أقل تعرضاً للأضرار الميكانيكية أثناء جفاف الأنسجة النباتية، كما أنها تسمح بانخفاض الضغط الاسموزي فيها؛ الأمر الذي يزيد من قدرتها على البقاء منتفخة.

وينعكس الحجم الصغير للخلايا - في النباتات التي تتحمل الجفاف - على معدل نمو بادراتها، ونباتاتها الكاملة، وأعضائها المختلفة، وخاصة الأوراق؛ حيث تكون صغيرة الحجم نسبياً. إلا أن استمرار الخلايا في النمو والزيادة في الحجم - تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية - يعنى تميز النباتات بقدرة أكبر على تحمل الجفاف. ففي ظروف الجفاف.. تموت النباتات الحساسة، ويتوقف نمو النباتات المتوسطة التحمل، بينما يستمر نمو النباتات الشديدة التحمل.

٨ - كثافة الثغور وسلوكها:

تتوفر دلائل على أن سلوك الثغور أمر تحكمه العوامل الوراثية؛ فمثلاً.. لا تغلق الثغور

طبيعياً في طفرة الطماطم «الذابلة» التي يوجد فيها مستوى منخفض من حامض الأبسيسيك، ويمكن تحفيز انغلاق الثغور فيها برش النباتات بالحامض. كذلك تعرف طفرات «ذابلة» مماثلة في البطاطس، وتختلف أصناف القطن في مدة بقاء ثغورها مفتوحة أثناء النهار. ومن المهم أن تستجيب الثغور وتنغلق بسرعة عند نقص الرطوبة الأرضية، بالرغم من أن ذلك الانغلاق يكون على حساب تبادل الغازات والبناء الضوئي.

كذلك وجدت اختلافات وراثية في كثافة الثغور بالأوراق، فمثلاً، وجد - في سلالات مختلفة من الشعير - أن نقص كثافة الثغور بمقدار ٢٥٪ كان مصاحباً بنقص في معدل النتج قدره ٢٤٪، دون أن يكون لذلك أي تأثير في معدل البناء الضوئي (عن Parsons ١٩٧٩). كما وجدت علاقة عكسية بين كثافة الثغور بالأوراق ومعدل البناء الضوئي في كل من الفاصوليا والذرة، ولكن لم يستدل على وجود أية علاقة بين كثافة الثغور وأي من معدلي البناء الضوئي أو النتج في عدد من الأنواع النباتية الأخرى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

وعموماً.. فإن معظم الماء الذي يمتصه النبات يفقد مباشرة بالنتج من خلال الثغور، بينما يفقد جزء يسير منه (من ٢ - ٥٠٪ حسب النوع النباتي) عن طريق النتج الأديمي (من خلال أديم البشرة مباشرة)، ولا يستفيد النبات - في نموه - سوى بأقل من ٥٪ من كمية الماء الكلية الممتصة، والتي تقدر في الذرة بنحو ٢٠٥ لترات من الماء خلال موسم النمو.

ولخفض كمية الماء التي تفقدها النباتات بالنتج يتعين أن تنغلق الثغور عندما تتعرض للشد الرطوبي. وتختلف درجة الشد الرطوبي التي تستحث الثغور على الانغلاق باختلاف الأنواع النباتية؛ فهي - ٨ ضغط جوي في الفاصوليا مقارنة بنحو - ٢٨ ضغط جوي في القطن تحت ظروف الحقل، تنخفض إلى - ١٦ ضغط جوي تحت ظروف البيوت المحمية (عن Quisenberry وآخرين ٩٧٩).

٩ - مخزون الماء في الجذر الخلوية :

يعد مخزون الماء في الجدر الخلوية Apoplastic Water احتياطياً يفيد في تأجيل جفاف الأنسجة النباتية حال تعرض النباتات لنقص في الرطوبة الأرضية. وقد لوحظ وجود مخزون كبير من هذا الماء في النباتات التي تتحمل ظروف الجفاف؛ ويعنى ذلك أن الجدر الخلوية السميكة - التي تكون أكثر قدرة على تخزين الماء - تعد من العوامل الهامة في تحمل النباتات للجفاف.

١٠ - تحمل الأغشية الخلوية لأضرار الجفاف :

وجد أن الكائنات الحية، والأعضاء النباتية - التي يمكنها البقاء تحت ظروف الجفاف - تتميز بتمثيل سكر التريهالوز trehalose أثناء فقدانها للرطوبة، أو أثناء إعادة اكتسابها للرطوبة بعد جفافها. ويُعتقد أن التريهالوز يغير الخصائص الفيزيائية للبيدات الفوسفورية Phospholipids التي توجد في الأغشية الخلوية بطريقة تسمح بثبات تلك الأغشية في ظروف الجفاف. كما ذكر أن الخصائص الفيزيائية للبيدات الجافة تكون - في وجود التريهالوز - مماثلة لما تكون عليه في البيدات الرطبة hydrated lipids (عن Myers وآخرين ١٩٨٦).

١١ - التنظيم الأسموزي Osmoregulation :

يعد بقاء الخلايا منتفخة أمراً حيوياً بالنسبة لنموها وزيادة حجمها، وبذا.. فإن انتفاخ الخلايا الدائم يعد ضرورياً لاستمرار النمو النباتي.. ونظراً لأن نقص الرطوبة الأرضية يؤدي إلى فقدان الخلايا لبعض رطوبتها - الأمر الذي يؤدي إلى انكماشها - فإن نقص الرطوبة يكون مصاحباً بنقص في معدل النمو النباتي، بما في ذلك نمو الجنور الضروري لاستمرار امتصاص الماء من أكبر قدر ممكن من التربة القليلة الرطوبة.

ويمكن المحافظة على بقاء الخلايا منتفخة ببعض وسائل التأقلم؛ مثل: صغر حجم الخلايا، وزيادة مطاطية الأغشية الخلوية، وزيادة الضغط الأسموزي للخلايا، فيما يعرف باسم التنظيم الأسموزي. ويحدث التنظيم الأسموزي من خلال تراكم المواد العضوية الذائبة في السيتوبلازم. ومن أهم المركبات التي تتراكم في ظروف الجفاف ما يلي (عن

Hughes وآخرين (١٩٨٩) :

Ascorbate	Betaine
Glutathione	Proline
alpha - tocopherol	Polyols (mannitol, sorbitol, pinitol)

وقد تلعب هذه المركبات دوراً في زيادة ثبات الأغشية الخلوية والمركبات العضوية ذات الجزيئات الكبيرة Macromolecules، وحمايتها .

وقد تبين من الدراسات - التي أجريت على ظاهرة التنظيم الأسموزي - أن سلالات القمح التي أظهرت قدراً عالياً من تلك الخاصية كان محصولها تحت ظروف الجفاف أعلى من نظيراتها الأقل قدراً على التنظيم الأسموزي، كما تميزت سلالات السورجم الأكثر قدرة على تحمل الجفاف بتنظيم أسموزي عالٍ.

ويعد البرولين من أبرز المركبات التي عرفت بعلاقتها بتنظيم الضغط الأسموزي في النباتات، وبارتفاع تركيزها لدى تعرض النباتات لظروف الجفاف. ففي الطماطم، والفلفل، والكرونب.. تراوح محتوى النباتات من البرولين - في ظروف توفر الرطوبة الأرضية - من ٢,٠ مجم/جم (على أساس الوزن الجاف)، ولكن محتواها ارتفع إلى ٥٠ مجم/جم وزناً جافاً في ظروف الجفاف (عن Parsons ١٩٧٩). ووجدت نفس هذه العلاقة بين تركيز البرولين والرطوبة الأرضية في كل من: عشب برمودا، والشعير، والسورجم، والقمح.

ومع ذلك.. فلم تظهر علاقة واضحة بين تراكم البرولين في النباتات وبين قدرتها على تحمل الجفاف. ففي السورجم.. وجدت اختلافات معنوية بين الأصناف في مدى تراكم البرولين فيها، ولكن دون أن يكون لذلك أدنى علاقة بقدرتها على تحمل الجفاف (Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤)، بينما كان تراكم البرولين بدرجة أكبر في سلالات الشعير الأكثر قدرة على تحمل الجفاف.

١٢ - معدل البناء الضوئي :

تؤثر جميع العوامل الفسيولوجية التي سبق بيانها - بصورة مباشرة، أو غير مباشرة - في معدل البناء الضوئي في النباتات؛ فهو المحصلة النهائية لمدي قدرة النبات على تحمل الجفاف. وقد وجدت - بالفعل - اختلافات في معدل البناء الضوئي بين أصناف وسلالات عديد من الأنواع النباتية، ولكن ظهور تلك الاختلافات - تحت ظروف الجفاف فقط - أمر لم يمكن إثباته إلا في أنواع قليلة، منها السورجم (عن Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤).

١٣ - تراكم إنزيمات معينة :

يزداد نشاط بعض الإنزيمات عندما تعاني النباتات من نقص في الرطوبة الأرضية، ومن أبرز هذه الإنزيمات (عن Hughes وآخرين ١٩٨٩) ما يلي:

Superoxide dismutase.

Glutathione reductase.

Ascorbate Peroxidase.

Dehydroascorbate reductase.

Monodehydroascorbate reductase.

Catalase.

كذلك تحدث تغيرات في نشاط إنزيم Nitrate Reductase في ظروف الجفاف. ويبدو أن هناك بعض البروتينات التي يزداد تمثيلها في ظروف الجفاف، ولكن لم تعرف وظيفتها على وجه التحديد بعد (عن Austin ١٩٨٩).

وليزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا تحمل الجفاف في النباتات.. يراجع Turner & Kramer (١٩٨٠)، و Paleg & Aspinall (١٩٨١).

التقييم لتحمل ظروف الجفاف

إن جميع الأسس الفسيولوجية لتحمل النباتات للجفاف - والتي سبقت مناقشتها تحت موضوع طبيعة تحمل الجفاف - يمكن الاستفادة منها في تقييم النباتات لتحمل الجفاف. والشروط اللازمة لإمكان الاعتماد على أي من تلك الأسس كوسيلة للتقييم والانتخاب (والتي تجرى عادة في حجرات النمو أو في البيوت المحمية) هو إمكان إجرائها ببسر وسهولة،

وعدم تسببها في موت النبات (ليمكن انتخابه عند اللزوم)، وارتباطها بتحمل النباتات لنقص الرطوبة الأرضية تحت ظروف الحقل.

ونضيف في هذا المقام - إلى ما سبق بيانه من أسس لتحمل الجفاف - ما يلي :

١ - الحساسية لاحتراق الأوراق Leaf Firing:

تعد الشيخوخة السريعة للأوراق من الأعراض المعروفة للشد الرطوبي، وتدل على موت أنسجة الورقة بسبب ارتفاع حرارتها الناشء عن توقف النتج فيها، علماً بأن درجة الحرارة العظمى المميتة لأوراق معظم النباتات تتراوح من ٤٥ - ٥٥ م. ويمكن الاعتماد على ظاهرة احتراق الأوراق كدليل على مدى حساسية النباتات للجفاف، فمثلاً.. تُقيم نباتات الأرز لتحمل الجفاف بتقدير مدى جفاف قمة الأوراق بعد ٣٩ يوماً من آخر رية للحقل.

٢ - التفاف الأوراق Leaf Rolling:

يعد التفاف الأوراق من الأعراض المميزة للشد الرطوبي في النباتات، كما يعد وسيلة - من جانب النباتات - لتقليل فقد الرطوبة بالنتج، وقد لوحظ وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الحبوب في مدى التفاف أوراقها تحت ظروف الجفاف، وارتباط تلك الاختلافات بظواهر أخرى فسيولوجية وثيقة الصلة بقدرة النباتات على تحمل الجفاف، ففي الأرز.. كان مردّ قلة التفاف الأوراق في بعض السلالات - تحت ظروف الجفاف - إلى تمتع تلك السلالات بقدر أكبر من التنظيم الأسموزي.

هذا.. بينما وجد في القمح، والсорج، وفي سلالات أخرى من الأرز أن انخفاض التفاف الأوراق فيها كان بسبب ارتفاع محتواها الرطوبي. ولا شك في أنه يمكن الاعتماد على خاصية تأخر ظهور حالة التفاف الأوراق عند نقص الرطوبة الأرضية كدليل على استمرار بقاء الخلايا النباتية ممتلئة ومنتفخة turgid تحت تلك الظروف. ويستفاد من تلك الخاصية - فعلاً - في برامج تربية الأرز والذرة والсорج لتحمل الجفاف.

٣ - درجة حرارة الأوراق :

ترتبط درجة حرارة الأوراق - تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية - ارتباطاً وثيقاً بمعدل النتج، الذي يكون - بدوره - دليلاً على مدى قدرة النبات على امتصاص الرطوبة اللازمة لاستمرار عملية النتج؛ أى على مدى تشعب وكثافة نموه الجذرى.

وقد توصل Stark وآخرون (١٩٩١) - من دراستهم على ١٤ صنفاً وسلالة من البطاطس - إلى وجود علاقة خطية بين ΔT (وهى الفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النموات الخضرية أثناء النهار فى الأيام الصحو)، والنقص فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure Deficit - فى النباتات - فى حالات معاملات الري المختلفة؛ وبذا.. أمكنهم استخدام ΔT - بكفاءة - فى تقييم القدرة النسبية على تحمل ظروف الجفاف فى البطاطس.

كذلك فإن تقديرات ΔT - حتى عند توفر الرطوبة الأرضية - تفيد فى التقييم لتحمل الشد الرطوبى، فمثلاً.. وجد أن نسبة المحصول فى الحقول المروية إلى غير المروية. لأصناف مختلفة من الدخن اللؤلؤى كانت مرتبطة إيجابياً بتقديرات ΔT فى الحقول المروية. وفى القطن.. كانت السلالات ذات درجات الحرارة الأعلى للنموات الخضرية - فى القطع المروية - هى الأقوى نمواً فى القطع غير المروية. كما وجد فى الدخن والسورجم أن السلالات والأصناف ذات النموات الخضرية الأعلى حرارة فى ظروف توفر الرطوبة الأرضية كانت أقل حساسية للتغيرات فى ضغط بخار الماء، - تحت ظروف الجفاف - وأكثر محصولاً من الأقل حرارة (عن Stark وآخرين ١٩٩١).

ويمكن تقدير درجة حرارة الأوراق - عن بعد - بالاستعانة بترمومتر يعتمد على الأشعة تحت الحمراء الصادرة من النباتات. ويكفى فى هذا الشأن مقارنة النباتات مع بعضها البعض تحت نفس الظروف، مع تقسيمها إلى ثلاث فئات تكون درجة حرارة نمواتها الخضرية منخفضة، أو متوسطة، أو مرتفعة، وانتخاب النباتات التى تكون حرارتها منخفضة؛ لأنها تكون أكثر قدرة على امتصاص الرطوبة اللازمة لها من التربة تحت ظروف الجفاف. ومع ذلك فإن النباتات التى تكون حرارتها عالية - وهى التى ينخفض فيها معدل النتج - قد

تكون هي المطلوبة عند الرغبة فى توفير الرطوبة الأرضية لمراحل أخرى من النمو تكون أكثر حساسية للنقص الرطوبى.

وقد اتبعت طريقة تقدير درجة حرارة الأوراق فى برامج التربية لتحمل الجفاف فى كل من القمح، والذرة، وفول الصويا (عن Blum ١٩٨٩).

٤ - كثافة ونشعب المجموع الجذرى :

وجد أن صفات النمو الجذرى - مثل وزنه ودرجة تشعبه - ترتبط فى كل من الذرة والأرز بالقوة اللازمة لاقتلاع النباتات من التربة. ويعد هذا الاختبار وسيلة سهلة وسريعة لتقدير مدى تشعب وكثافة النمو الجذرى الذى يصعب قياسه بدقة بصورة مباشرة، فضلاً عما يصاحب طرق التقدير المباشرة من تباينات كبيرة فى العينات المقاسة.

وقد أوضحت دراسة أجريت على ٢٥٠ تركيباً وراثياً من البطاطس وجود ارتباط معنوى بين القوة اللازمة لجذب النباتات من التربة وكل من: طول الجذور، والوزن الجاف للجذور التى تم جذبها، والتى تبقت فى التربة، وطول النبات، وعدد السيقان، وكذلك مع عدد الدرنات الصغيرة المتكونة ووزنها فى سبع سلالات كانت قد بدأت فى تكوين الدرنات وقت إجراء الاختبار (عن Ekanayake & Midmore ١٩٩٢).

٥ - الانتخاب لصفة المحصول :

يفيد الانتخاب لصفة المحصول العالى تحت ظروف الجفاف فى تمييز الأصناف والسلالات المرغوب فيها مباشرة، إلا أن لذلك الاختبار عيوباً كبيرة، هى كما يلى:

١ - الحاجة إلى استمرار الاختبار إلى حين الانتهاء من حصاد المحصول؛ الأمر الذى يستنفذ كثيراً من الوقت والجهد.

٢ - يعتمد الاختبار على مجرد مقارنة السلالات ببعضها البعض فى صفة المحصول. نظراً لأن السلالات ذات الإنتاجية العالية قد تستمر متميزة عن غيرها من السلالات تحت

ظروف الجفاف.. لذا فإن انتخابها ربما لا يكون معتمداً على قدرة حقيقية في النبات على تحمل الجفاف.

٣ - كثيراً ما يؤدي هذا الاختبار إلى استبعاد سلالات جيدة تحمل صفات فسيولوجية تؤهلها لتحمل الجفاف، ولكن محصولها يكون منخفضاً؛ فلا تبرز في اختبارات التقييم للمحصول.

٦ - الانتخاب في مزارع الأنسجة :

ربما كان من السهل الانتخاب لتراكم مركبات عضوية معينة - وثيقة الصلة بظاهرة التنظيم الآسوموزي - في مزارع الأنسجة، ولكن تبقى - بالرغم من ذلك - بعض أوجه القصور في الاعتماد على مزارع الأنسجة لانتخاب نباتات تتحمل ظروف الجفاف؛ منها ما يلي :

أ - إنتاج النباتات الكاملة من سلالات الخلايا المنتخبة.

ب - احتمال عدم وجود أية علاقة بين تحمل الخلايا المفردة للجفاف وتحمل النباتات الكاملة النمو؛ لأن التنظيم الآسوموزي في النبات الكامل قد يتحقق من خلال تجزئ نواتج البناء الضوئي بين أعضاء النبات المختلفة، وأنسجته، وخلاياه. كما قد يتحقق ذلك من خلال توقف في نمو النبات الكامل؛ الأمر الذي يوفر نواتج البناء الضوئي لتأمين التنظيم الآسوموزي، وهو ما يصعب تخيل حدوثه في مزارع الأنسجة (عن Blum ١٩٨٩).

وبالرغم من ذلك.. تفيد مزارع الأنسجة في تجنب كافة العوامل التي يصعب التحكم فيها تحت ظروف الحقل، والتي قد تؤثر في استجابة النباتات لظروف الجفاف.

ويتحقق الشد الرطوبي في مزارع الأنسجة بإضافة بعض المركبات التي تزيد الضغط الآسوموزي لبيئة الزراعة، مثل البوليثلين جليكول ٦٠٠٠، الذي لا يمكنه المرور خلال الجدر الخلوية إلى داخل الخلايا. ويؤدي الفرق في الضغط الآسوموزي بين البيئة المغذية والخلايا

النامية فيها إلى جفاف الخلايا وانهايار جذرها الخلوية. تعرف هذه الظاهرة باسم Cytor-rhysis، وهي تختلف عن ظاهرة البلزمة التي ينكمش فيها البروتوبلازم، بينما تبقى الجدر الخلوية في مكانها؛ بسبب دخول المركب المُحدث للبلزمة من خلال الجدر الخلوية إلى الفراغ الذي يفصلها عن الغشاء البلازمي الخارجى لبروتوبلازم الخلية.

ونظرا لعدم استطاعة البوليثيلين جليكول المرور من خلال الجدر الخلوية، فإنه لا يكون له أى دور فى التنظيم الآسموزى بالخلايا، مقارنة بما يحدث إذا استخدمت مركبات عضوية ذات وزن جزيئى منخفض، أو أيونات معينة لرفع الضغط الآسموزى فى البيئة المغذية. وبذا.. فإن الخلايا تتعامل مع الشد الرطوبى - الذى يحدثه البوليثيلين جليكول - حسب تركيبها الوراثى وقدرتها على تحمل تلك الظروف، ويكون تأثيرها مقصوراً على ما يحدثه الشد الرطوبى بها، دون أن تحدث أية تأثيرات سامة من جراء امتصاص الخلايا لتركيزات عالية من أيونات معينة قد تستخدم لزيادة الضغط الآسموزى فى بيئة الزراعة.

وقد استخدمت هذه الطريقة فى الحصول على سلالات خلايا من صنف الطماطم VENT Cherry قادرة على النمو فى بيئة مغذية تحتوى على ٣٠ جم بوليثيلين جليكول /١٠٠/٦٠٠٠ مل.

كما أمكن التمييز بين مزارع الخلايا التى حدث فيها مجرد تأقلم فسيولوجى على ظروف الشد الرطوبى وبين سلالات الخلايا التى تميزت بقدرة وراثية ثابتة على تحمل تلك الظروف؛ حيث فقدت المزارع الأولى قدرتها على تحمل الشد الرطوبى سريعاً بعد نقلها إلى مزارع خلت من البوليثيلين جليكول. ويحدث هذا التأقلم - بصورة خاصة - عند زيادة تركيز البوليثيلين جليكول تدريجياً فى البيئة المغذية من ١٥ إلى ٣٠ جم/١٠٠ مل (عن Hasegawa وآخرين ١٩٨٤).

وراثة تحمل الجفاف فى النباتات

يعتقد أنه باستثناء بعض الصفات البسيطة المؤثرة فى القدرة على تحمل الجفاف فى

النباتات، فإن غالبية حالات تحمل الجفاف كمية، كما يعتقد أن مختلف السلالات التي تظهر تلك الصفة تتميز بنظم مختلفة لتحمل الجفاف؛ نظراً لنشأتها في ظروف بيئية متباينة. لذا، فإن تهجين تلك السلالات - مجتمعة - قد يعطى الفرصة لظهور انحرافات وراثية أكثر تحملاً للجفاف من كل سلالة على حدة.

ومن الدراسات القليلة التي أجريت على وراثية الصفات ذات العلاقة بتحمل الجفاف في النباتات تبين ما يلي :

١ - كانت صفة انغلاق الثغور في القطن - تحت ظروف الشد الرطوبي - كمية، وظهر فيها تأثير كل من الإضافة والسيادة، وكانت درجة توريث الصفة منخفضة، ولم يكن للأمر أى تأثير في الصفة التي كانت سائدة تماماً تحت ظروف الشد الرطوبي العالى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

٢ - كانت درجة توريث تراكم البرولين في فول الصويا - تحت ظروف الجفاف في المختبر - ٥٧٪ (عن Myeres وآخرين ١٩٨٦).

استئناس النباتات التي تتحمل الجفاف

استأنس الإنسان عدداً من النباتات البرية التي تتميز بقدرتها على تحمل الجفاف، بأن زرعها للاستفادة منها كغذاء له، أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات معينة منها. ومن أهم هذه النباتات ما يلي :

١ - شجرة الهوهوبا *Jojoba* :

اكتشفت شجرة الهوهوبا *Simmondsia chinensis* (شكل ٩ - ١) - التي تتميز بقدرتها العالية على تحمل ظروف الجفاف - في موطنها الأصلي في جنوب ولاية كاليفورنيا وولاية أريزونا الأمريكيتين. تحتوى بذور هذه الشجرة (شكلا ٩ - ٢ ، و ٩ - ٣) على زيت يجمع بين خصائص الدهن والشمع (يتكون كلياً تقريباً من إسترات الشمع السائلة)، ويعد بديلاً جيداً لزيت حيتان العنبر. يدخل هذا الزيت في صناعة عديد من مركبات تلطيف البشرة

لقدرته على النفاذ من مسام الجلد. وله خصائص جيدة فى التشحيم تمكنه من مقاومة الحرارة والبرودة الزائده مع تغير طفيف فى اللزوجة. وهو يستعمل كذلك فى صناعات الأدوية، وكحامل لها، وخاصة تلك التى يتعين تناولها عن طريق الفم؛ نظراً لأن الإنزيمات الهاضمة لدى الإنسان لا يمكنها هضمه. ولزيت الهوهوبا استعمالات أخرى كثيرة كما فى تحضير المواد المطهرة، والمنظفات، والعوامل المستحلبة، وعوامل التلوين، وشمع التلميع، والطبقات الواقية على علب المواد الغذائية المصنوعة من الورق.



شكل (٩ - ١) : نباتات الهوهوبا Jojoba.

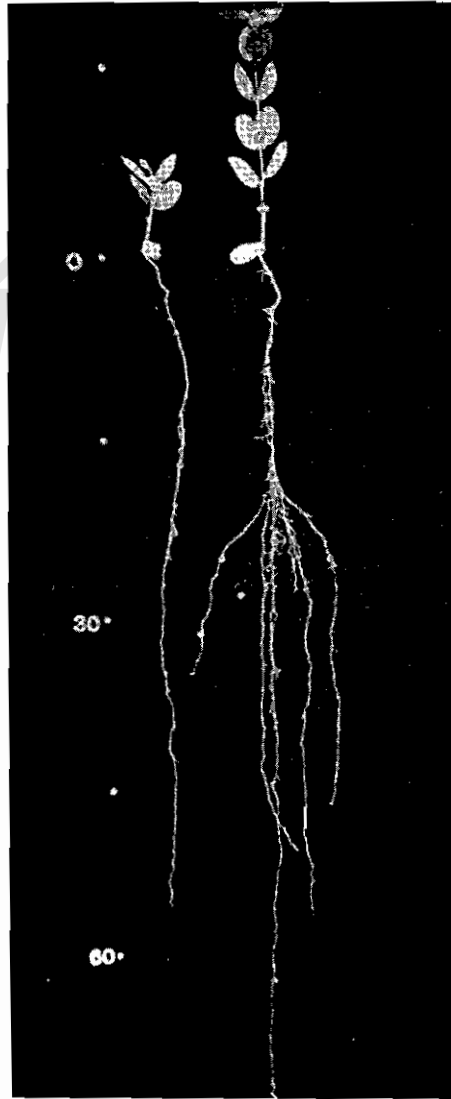


شكل (٩ - ٢) : ثمرة الهوهويا.



شكل (٩ - ٣) : بنور وزيت الهوهويا.

يرجع تحمّل هذه الشجرة للجفاف إلى قدرة جذورها على التعمق إلى مسافة ١٠ - ٢٠ متراً في باطن الأرض (شكل ٩ - ٤)، ولكن يعيبها أنها لا تبدأ في الإثمار قبل مرور ٢ - ٦ سنوات على زراعتها. ويقابل ذلك أنها تبقى معمرة لمدة ١٠٠ - ٢٠٠ سنة.



شكل (٩ - ٤) : نباتات هوهوبا بعمر ثلاثة شهور، وقد تعمقت جذورها كثيراً مقارنة بنموها الخضرى.

تنتج شجرة الهوهوبا الواحدة نحو ٢ كجم من البذور سنوياً؛ أى بمعدل حوالى ١,٥ طناً للفدان فى بداية مرحلة إثمارها. والنبات وحيد الجنس ثنائى المسكن، مستديم الخضرة، أوراقه بيضاوية ومغطاة بطبقة رقيقة من الشمع. ويمكن التمييز بين الأشجار المذكرة والأشجار المؤنثة بعد الزراعة بنحو ١٨ - ٢٤ شهراً.

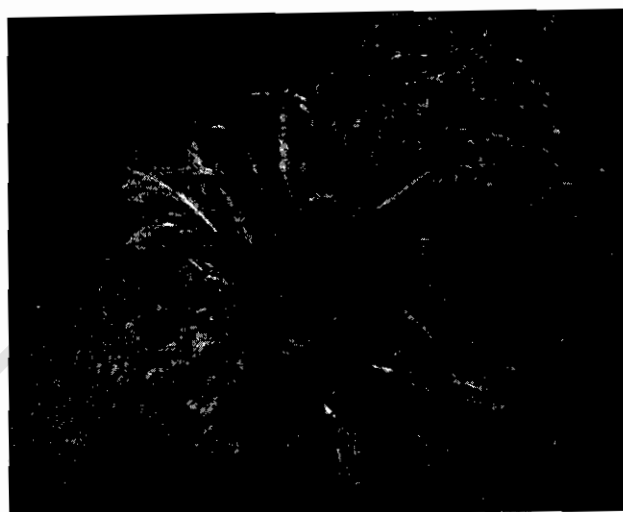
والتلقيح فى الهوهوبا خلطى بالهواء، ويكفى شجرة مذكرة واحدة لتلقيح من ١٠ - ١٢ شجرة مؤنثة (عن Arab World Agribusiness - المجلد الأول - العدد الرابع).

وقد اكتشفت طفرة من نبات الهوهوبا تحتوى ثمارها على أربعة مساكن، مقارنة بثلاثة مساكن فقط فى النباتات العادية، ووجد أن لهذه الطفرة تأثيراً كبيراً على متوسط عدد البذور التى تتكون بالثمرة. ففي النباتات العادية - التى توجد بثمارها ثلاثة مساكن - تحمل ٨٣٪ من الثمار بذرة واحدة، و١٦٪ تحمل بذرتين، و١٪ منها فقط تحمل ثلاثة بذور بكل ثمرة، بينما تتميز الطفرة ذات الأربعة مساكن بالثمار بأن ٤٢٪ من ثمارها تحمل بذرة واحدة، و٣٩٪ تحمل بذرتين، و١٩٪ تحمل ثلاث بذور بكل ثمرة.

هذا... ويزرع نبات الهوهوبا حالياً فى مساحة تزيد على ١٦ ألف هكتار فى الولايات المتحدة مع مساحات أخرى كبيرة فى كل من أستراليا، والهند، وإسرائيل، والمكسيك، ودول أمريكا الجنوبية (Estilai & Hashemi ١٩٩٣).

٢ - الجوايال :

يعرف الجوايال بالاسم العلمى *Parthenium argentatum*، وهو نبات صحراوى شجيرى معمر (شكل ٩ - ٥) وموطنه فى شمال وسط المكسيك وجنوب غربى ولاية تكساس الأمريكية. ويعد الجوايال من النباتات المنتجة للمطاط (الذى يماثل فى نوعيته تماماً المنتج من شجرة المطاط *Hevea brasiliensis*)، وسبق استخدامه فى الإنتاج التجارى للمطاط خلال الحرب العالمية الثانية.



شكل (٩ - ٥) : نمو جديد لنبات الجوايال بعد ٦٠ يوما من حش النمو السابق إلى مستوى سطح التربة.

وقد توصل Estilai وآخرون (١٩٨٨) إلى سلالات من الجوايال ذات قدرة على إنتاج من ٨٠٠ - ٩٠٠ كجم من المطاط/ هكتار سنويا، ويبلغ ذلك ضعف القدرة الإنتاجية للأصناف المزروعة من المحصول حالياً.

وفيما عدا طرز الجوايال الثنائية التضاعف التي تتكاثر جنسياً، فإن الجوال يتكاثر لا إخصابياً Apomictically.

ويرتبط إنتاج الجوايال للمطاط بالوزن الجاف للنباتات، ونموها الخضري الغزير، وقدرتها على سرعة استعادة نموها عقب قطعها عند سطح التربة (حشها)، وقد أمكن تحقيق تقدم في مجال الانتخاب لتحسين تلك الصفات (Thompson وآخرون ١٩٨٨).

ولمزيد من التفاصيل عن هذا المحصول وزراعته. يراجع Fangmeier وآخرون (١٩٨٤).

التقدم في التربية لتحمل الجفاف الطماطم

وجدت المقاومة للجفاف في المصادر التالية من الجنس *Lycopersicon* :

١ - النوع البري *L. pennellii* :

ينمو هذا النوع - برياً - في مناطق شديدة الجفاف في غربي بيرو، تنعدم فيها الأمطار - تقريباً - بينما تحصل النباتات على معظم احتياجاتها من الرطوبة مما يتكثف على سطح أوراقها من ندى.. علماً بأن الضباب يكون كثيفاً في تلك المناطق. وتتميز النموات الخضرية لهذا النوع باحتياجاتها القليلة من الرطوبة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء في أنسجتها؛ أما نموها الجذري.. فهو ضعيف.

٢ - إحدى سلالات النوع *L. peruvianum* التي وجدت نامية في وسط الصحراء بأمريكا الجنوبية.

٣ - إحدى سلالات النوع *L. chilense* التي تتميز بمجموعها الجذري الكثيف المتعمق في التربة (عن Rick ١٩٧٧).

درس Taylor وآخرون (١٩٨٢) إنبات البذور والنمو الأولى للبادرات - تحت ظروف الجفاف مع الحرارة المرتفعة، أو المعتدلة - في كل من الطماطم والسلالات المقاومة للجفاف من النوعين البريين *L. chilense*، و *L. pennellii* ، ووجدوا - على غير المتوقع - أن الأنواع البرية كانت أكثر حساسية للجفاف من الطماطم في حرارة ٢٥م، بينما تساوت مع الطماطم في الإنبات والنمو الأولى للبادرات - تحت ظروف الجفاف - عندما كانت درجة الحرارة ٣٠ أو ٢٥م.

ويستدل من الدراسات الوراثية على أن المقاومة للجفاف في النوع *L. pennellii* صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية (عن Stevens ١٩٨٠). وقد لقح هذا النوع

مع الطماطم، وأمكن المحافظة على صفة قدرة الأوراق على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها بعد عدة تلقيحات رجعية؛ مما يعنى إمكان الاستفادة من هذه الخاصية فى خفض الاحتياجات المائية للطماطم (عن Rick ١٩٨٠).

هذا... ويتجه بعض الباحثين إلى الاهتمام بالنمو الجذرى على أساس أنه يمكّن النبات من الاستفادة من الرطوبة التى توجد فى قطاع أكبر من التربة، وذكرت - فى هذا المجال - طفرة الجذر القطنى Cottony root، التى اكتشفت أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور، وقد وجدت هذه الطفرة فى السلالة P.I.121665، وتميزت باحتوائها على عدد كبير جداً من الشعيرات الجذرية، فضلاً على كفاءتها العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور. وقد جد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز crt.

ويذكر Zobel (١٩٨٦) عدة طفرات تتحكم فى النمو الجذرى لنبات الطماطم، منها ما

يلى:

١ - الطفرة المتنحية dgt، وهى غير قادرة على إنتاج جذور جانبية.

٢ - الطفرة المتنحية ro، وهى غير قادرة على إنتاج جذور عرضية.

وقد وجد أن النبات الأصل المتتحى فى الطفرتين (dgt dgt ro ro) - وهو الذى يفترض أن يكون خالياً من أية جذور غير الجذر الأولى - ينمو به عدد يصل إلى ١٢ جذراً من السوقية الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر الأولى. كما أن المجموع الجذرى للنبات dgt dgt يكون طبيعياً إذا طعم عليه نبات - Dgt.

٣ - الطفرة المتنحية brt (نسبة إلى bushy root)، التى يظهر بها عدد كبير من الجذور من الجزء القاعدى للسوقية الجنينية السفلى ومن الجذر الرئيسى؛ أما نموها الخضرى فهو صغير وضعيف. وقد وجد أن هذا الشكل المظهرى يتكون نتيجة لتراكم النشا فى قاعدة الساق والجذر. وقد تبين أن تطعيم الطفرة brt brt على أصل طبيعى يجعل النمو الخضرى للطعم طبيعياً، بينما يؤدى تطعيم النبات الطبيعى على الطفرة إلى جعل النمو الخضرى للطعم طفرياً.

٤ - طفرة الجذر المتقزم dwarf root التي تجعل النمو الجذري متقزماً، دون أن يكون لها أى تأثير فى النمو الخضرى. ويمكن أن تفيد هذه الطفرة فى حالة الري بالتنقيط، وعند الزراعة بنظام تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique.

البطاطس

تعد البطاطس من المحاصيل الحساسة للجفاف؛ بسبب عدم تعمق نموها الجذرى. وقد أوضحت دراسات Ekanayake & Midmore (١٩٩٢) أن القوة اللازمة لجذب النباتات من التربة ترتبط بطول الجذور ووزنها الجاف ($r = 0.569$) تحت ظروف الجفاف المتوسط الشدة. كما وجد أن صفة تحمل الجفاف (معبراً عنها بالإنتاجية العالية وبالقوة الكبيرة التي تلزم لجذب النباتات من التربة تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية) فى السلالة MS - 35. 22.R كانت أفضل مما فى صنف المقارنة العالى المحصول LT-7، بينما وجدت درجات متوسطة من تحمل الجفاف فى السلالات Br - 63. 15، و 27 Cruza، و Haille، و MEX-21.

ثانياً: تحمل زيادة الرطوبة الأرضية (ظروف الغرق)

أضرار زيادة الرطوبة الأرضية

يؤدى غرق التربة (تشبعها بالرطوبة لفترات طويلة) إلى نقص النمو النباتى الجذرى والقمى، ونقص إنتاج المادة الجافة، وضعف المحصول. ويرجع ذلك إلى سرعة نفاذ الأوكسجين الموجود فى التربة (سواء منه المحتجز ضمن الهواء فى المسافات الضيقة بين حبيبات التربة أو الذائب فى الماء)؛ بسبب تنفس جذور النباتات وكائنات التربة الدقيقة.

ونظراً لصعوبة انتشار أوكسجين الهواء الجوى فى الأراضى الغدقة؛ لذا.. فإن تجديد أوكسجين التربة - فى هذه الظروف - لا يتم بالكفاءة اللازمة. ويترتب على ذلك إجبار الجذور على أن تتحول من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى؛ الأمر الذى يؤدى إلى اختلال النشاط الأيضى، ونقص إنتاج ATP، مع تراكم نواتج التنفس اللاهوائى السامة، وسرعة استهلاك المركبات العضوية.

ويؤدي نقص الطاقة الميسرة للجذور إلى نقص امتصاص الماء والعناصر الغذائية وانتقالها في النبات. كما يؤثر اختلال النشاط الأيضي في الجذور - سلبياً - على التوازن الهرموني في النمو القمي، وعلى تمثيل الجبريلينات والسيتوكينينات وانتقالها في الجذور. كذلك يزيد تركيز الأوكسين في سيقان النباتات؛ نتيجة لعدم انتقاله إلى الجذور، أو بسبب تثبيط نشاط إنزيم IAA-oxidase في السيقان.

ولعل من أبرز التغيرات الهرمونية - التي تحدث في النباتات تحت ظروف الغدق - الزيادة الكبيرة في تركيز الإثيلين. وقد تبين أن تركيز مركب 1-aminocyclopropane- 1- carboxylic acid (يكتب اختصاراً: ACC) يزيد في الطماطم تحت ظروف الغدق، وهو الذي يتحول في النباتات إلى إثيلين، بينما يقل أو يثبط تحوله إلى إثيلين في الظروف الهوائية. لذا، يعتقد أنه يتراكم في الجذور تحت ظروف الغدق، ثم ينقل إلى النموات الخضرية (التي يتوفر لها الأوكسين)، ليتحول فيها إلى إثيلين. ويعد الإثيلين هو المسئول عن اتجاه أعناق الأوراق إلى أسفل Epinasty تحت ظروف الغدق.

كذلك يؤدي التنفس اللاهوائي إلى زيادة تركيز بعض العناصر - مثل الحديد والمنجنيز - إلى مستويات سامة (بسبب خفض التنفس اللاهوائي لـ pH التربة)، وتراكم بعض الأحماض العضوية (مثل حامض الخليك، والبروبيونيك، والبيوتريك)، والمركبات الفينولية (مثل para - hydroxybenzoic، وpara - cumaric)، والغازات (مثل ثاني أكسيد الكربون، والإثيلين، والميثان، وكبريتيد الأيدروجين) إلى مستويات ضارة بالنمو النباتي.

ويؤدي التنفس اللاهوائي إلى عدم توفر الطاقة اللازمة لاستمرار بقاء الأغشية الخلوية بصورة طبيعية؛ الأمر الذي يفقدها بعض خصائصها الهامة للنبات.

وتنشط في الأراضي الغدقة عمليات تحول الآزوت العضوي (الموجود في المادة العضوية والذي يعتمد عليه النبات كمصدر للنيتروجين) إلى الصورة الغازية، فيما يعرف بالـ denitrification، كما تغسل وتفقد النترا من التربة بسبب كثرة محتواها الرطوبي؛ ويترتب على ذلك افتقار النباتات إلى النيتروجين وظهور أعراض نقصه (عن Krizek ١٩٧٩).

خصائص النباتات التي تتحمل النمو في الغدقة

من أهم الخصائص التي تتميز بها النباتات التي يمكنها النمو في ظروف نقص الأوكسجين في الأراضي الغدقة ما يلي :

١ - زيادة المسافات البينية في نسيج القشرة، لتكون بمثابة قنوات بامتداد الجذور؛ تسمح بمرور الغازات بينها وبين النموات الخضرية للنبات. وتعرف الخلايا البرانشيمية التي توجد في المسارات الهوائية باسم Aerenchyma. تظهر تلك المسافات الهوائية - بوضوح - في الأرز، والسراخس، وعديد من النباتات المائية، كما تظهر في النباتات التي تتحمل الغدق من القمح، والشعير، والذرة، ودوار الشمس، والطماطم. وفي كثير من الحالات.. توفر هذه القنوات الهوائية كل احتياجات الجذور من الأوكسجين، بالإضافة إلى بعض احتياجات الكائنات الدقيقة - التي تعيش حول الجذور - من الغاز.

ويعتقد أن نسيج الـ Aerenchyma (الخلايا البرانشيمية المحيطة بالمسارات والفراغات الهوائية الكبيرة في القشرة) يتكون عند انهيار بعض خلايا القشرة؛ بسبب عدم كفاية الطاقة التي تصل إليها تحت ظروف التنفس اللاهوائي. كما اقترح أن الإثيلين - الذي يتراكم في الظروف اللاهوائية - يؤدي إلى زيادة نشاط إنزيم السليوليز Cellulase؛ الذي يؤدي - بدوره - إلى تفكك الخلايا عن بعضها وظهور الفجوات الهوائية.

٢ - تكوين جذور عرضية قريبة من سطح التربة؛ حيث يقل النقص في الأكسجين، أو يكون تعويض النقص الذي يحدث في الغاز سريعاً. يحدث ذلك في عديد من النباتات؛ منها الطماطم ودوار الشمس.

٣ - اللجوء إلى بدائل لمسارات التحويلات الكيميائية الحيوية - الخاصة بالتنفس - يقل فيها إنتاج الكحول الإيثيلي. ومن أمثلة هذه البدائل تكوين الأحماض العضوية؛ مثل المالك، والشيكيميك Shikimic.

٤ - زيادة كفاءة النباتات - مقارنة بالنباتات الحساسة للأراضي الغدقة - في الاستفادة من النترات كمستقبل للإلكترونات (بدلاً من الأوكسجين) في حالات الغياب الجزئي

للأوكسجين؛ حيث يلاحظ زيادة واضحة في نشاط إنزيم nitrate reductase في جنود وأوراق النباتات التي تتحمل الأراضي الغدقة خلال فترات تشبع التربة بالرطوبة.

هـ - كذلك تزيد كفاءة النباتات التي تتحمل الأراضي الغدقة في تمثيل الأحماض الأمينية تحت هذه الظروف؛ الأمر الذي يسمح بإعادة أكسدة الـ $NADH_2$ تحت ظروف غياب الأوكسجين (عن Krizek ١٩٧٩).

طرق التقييم لتحمل الأراضي الغدقة

يعد إجراء التقييم تحت ظروف تشبع التربة بالماء لفترات طويلة هو الطريقة الوحيدة المؤكدة للتعرف على مدى تحمل النباتات لغدق التربة، إلا أن هذه الطريقة تتطلب كثيراً من الوقت والجهد. ويعد البديل لذلك هو إما إجراء التقييم في مزارع مائية تنقصها التهوية الجيدة للمحاصيل المغذية، وإما بالاعتماد على تقدير أي من الخصائص التشريحية أو الفسيولوجية للنباتات التي تتحمل ظروف الغدق، والتي سبقت مناقشتها.

وقد توافقت نتائج التقييم في المزارع المائية مع نتائج التقييم الحقل في كل من: الطماطم، والشعير، ولف الزيت، ولكن نباتات البسلة كانت أكثر تحملاً لظروف الأكسجين - في المزارع المائية - منها في الحقول الغدقة.

الاختلافات الوراثية في تحمل غدق التربة في المحاصيل الزراعية

تختلف الأنواع المحصولية كثيراً في مدى تحملها لظروف غدق التربة، كما يلي:

محاصيل تتحمل غدق التربة	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل حساسة للغدق
بوار الشمس	البرقوق	الطماطم
الذرة		الشعير
التفاح		الخوخ
الكمثرى		المشمش

ولكن ما يهمنا في هذا المقام هي الاختلافات الوراثية بين أصناف وسلالات النوع الواحد في تحملها لظروف الغدق، فمثلاً.. وجد أن صنف القمح Pato يتحمل غدق التربة بدرجة أكبر من الصنف Inia، وكلاهما من الأصناف المكسيكية القصيرة العالية المحصول. ووجدت اختلافات مماثلة في فول الصويا؛ حيث لم يتأثر المحصول في الصنف Lee عندما غمرت التربة بالماء لمدة أسبوع واحد خلال مرحلة التهيئة للإزهار، ونقص محصوله بمقدار ٦ ، و ١٨٪ عندما استمر غمر التربة بالماء لمدة أسبوعين، أو ثلاثة أسابيع على التوالي، مقارنة بنقص قدره ٨ ، و ٢٨ ، و ٥٩٪ في محصول الصنف الحساس Dorman عندما غمرت التربة بالماء - خلال نفس مرحلة النمو النباتي - لمدة أسبوع واحد، وأُسبوعين، وثلاثة أسابيع، على التوالي.

ونقدم مزيداً من التفاصيل عن الاختلافات الوراثية لتحمل غدق التربة في كل من الأرز، والطماطم، والفاصوليا ؛ وذلك من خلال مناقشتنا للموضوع التالي.

التقدم في التربية لتحمل ظروف غدق التربة

١ - الأرز الطافي Floating Rice :

يزرع الأرز الطافي في المناطق التي تغمر فيها الأمطار التربة بالماء لارتفاع ٢ - ٣ أمتار لمدة ٣ - ٤ شهور من كل عام. وتبلغ المساحة المزروعة به في العالم أكثر من ٥ مليون هكتار سنوياً. وفي بنجلادش.. يزرع صنف الأرز الطافي Rayada في مناطق يصل فيها ارتفاع الماء إلى مسافة ١٢ - ٢٠ متراً؛ حيث يزيد طول النبات - تحت هذه الظروف - بمعدل ٣٠ سم يومياً.

ويجب أن تتوفر عدة صفات في سلالات الأرز الطافي لكي تنجح زراعتها، كما يلي:

أ - تزرع بنور هذه السلالات نثراً في الأرض المستديمة مباشرة، ولا تشتل؛ ولذا.. يتعين أن تكون قادرة على تحمل ظروف الجفاف في المراحل الأولى لنموها.

ب - يحدث الفيضان بعد ذلك؛ نتيجة لتساقط الأمطار بغزارة شديدة إلى درجة أن النمو

النبات لا يمكنه مجاراة الارتفاع اليومي في منسوب المياه؛ الأمر الذي يعنى بقاء النباتات مغمورة بالماء لعدة أيام؛ ولذا.. يتعين أن تكون النباتات قادرة على تحمل ظروف الغمر بالماء أيضاً.

جـ- كما يحدث أن ينخفض منسوب المياه بسرعة عقب انحسار الفيضان؛ ولذا.. يجب أن تكون السيقان الطويلة قادرة على الانحناء؛ بحيث تبقى الأوراق الثلاث العلوية أعلى مستوى الماء؛ لتجنب تحلل الأوراق، وتغذية الأسماك على فورة النبات.

تعد جميع أصناف الأرز الطافى قليلة المحصول وحساسة للفترة الضوئية، ولكن أمكن إنتاج عددا من السلالات غير الحساسة بالتربية.

هذا.. وتورث جميع الصفات التى تلزم لإنتاج أرز طافى غير حساس للفترة الضوئية مستقلة؛ مما يسهل كثيراً من مهمة المربي (عن Frey ١٩٨١).

٢ - الطماطم:

تتوفر القدرة على تحمل الرطوبة الأرضية العالية فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم؛ منها: السلالة LA 1421 (Rebigan وآخرون ١٩٧٧)، والصنف VF 134؛ ففى تجربة أجريت فى نيوزيلندا - لتقييم بعض أصناف الطماطم - هطلت أمطار غزيرة بلغت ٥٧ سنتيمتراً فى يوم واحد، وأدت إلى القضاء على جميع الأصناف فيما عدا الصنف VF 134 (W.L. Sims اتصال شخصى).

وقد أجريت دراسة موسعة على التقييم لتحمل الرطوبة الأرضية العالية فى المعهد الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر، قام بها Kuo وآخرون (١٩٨٢). تضمنت الدراسة ٤٦٣٠ صنفاً وسلالة من الجنس *Lycopersicon*. ووجد الباحثون أن ثمانى سلالات منها فقط - أى أقل من ٠,٢٪ من العدد الكلى - أظهرت قدرة على تحمل فترات قصيرة من الإغراق بالماء Flooding المصاحب بارتفاع فى درجة الحرارة، وكانت أفضل السلالات هى L-123. وبالرغم من ذلك.. فقد كانت هذه السلالة أكثر حساسية للإغراق من سبعة أنواع أخرى من الخضر قورنت بها تحت نفس الظروف. وفى الولايات المتحدة.. وجدت المقاومة العالية

للإغراق بالماء (لمدة خمسة أيام) في سلالة الطماطم (McNamara Mitchell) P.I. 406966 (١٩٨٩).

يؤدي تعرض نباتات الطماطم للإغراق بالماء إلى ظهور سلسلة من الأعراض التي يمكن التنبؤ بها؛ وهي: انحناء أنصال الأوراق إلى أسفل Leaf epinasty، وانغلاق الثغور، وضعف النمو الخضري في خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى. ثم تظهر أعراض الاصفرار Chlorosis، وسقوط الأوراق الكبيرة بعد ٧٢ - ٩٦ ساعة من بداية التعرض للغرق. وتظهر الجذور العرضية على الأجزاء القاعدية من الساق - عادة - بعد ٢٤ ساعة أخرى. وتلعب القدرة على تكوين هذه الجذور العرضية دوراً كبيراً في القدرة على تحمل الإغراق. ويتناسب مقدار النقص الملاحظة في الوزن الجاف للنبات، ومساحة الأوراق والمحصول - عكسياً - مع قدرة النبات على تكوين الجذور العرضية.

وقد وجد Poysa وآخرون (١٩٨٧) أن هذه الجذور العرضية شكلت أكثر من ٥٠٪ من النمو الجذري في النباتات التي تعرضت لظروف الإغراق بالماء بصورة مستمرة، بينما كان نموها محدوداً في النباتات التي تعرضت لظروف الإغراق بصورة متقطعة. وقد اقترح McNamara & Mitchell (١٩٨٩) أن المقاومة للإغراق بالماء ربما يكون مردها إلى احتياج جذور السلالات المقاومة إلى كميات أقل من الأكسجين لتنفسها، وقدرتها على التخلص من المركبات السامة التي تتكون أثناء تعرضها للإغراق.

وفي دراسة لاحقة (McNamara & Mitchell ١٩٩٠) .. وجد أن سلالة الطماطم المقاومة للإغراق P.I. 406966 كونت جذوراً عرضية كثيرة خلال خمسة أيام من معاملة التعرض للإغراق مقارنة بالسلالة P.I. 128644 من *L. peruvianum* var. *dentatum* غير المقاومة التي كونت جذوراً عرضية قليلة. كما ازدادت مسامية السويقة الجنينية السفلى في السلالة المقاومة للإغراق بنسبة ٣ - ٦٪، و ٨٪ بعد ٣٦، و ٧٢ ساعة من التعرض للإغراق بالماء على التوالي، بينما لم تتأثر المسامية في السلالة غير المقاومة.

وعلى صعيد آخر.. وجد Kuo & Chen (١٩٨٠) تماثلاً كبيراً بين تأثير كل من معاملة الإغراق بالماء Flooding، والمعاملة بالإيثيفون عن طريق ماء الري على نباتات الطماطم

فكلاهما أدى - فى عدد من الأصناف - إلى ضعف نمو الساق، واصفرار الأوراق وميلها لأسفل، ونمو الجذور الجانبية. وقد كانت أكثر السلالات تحملاً للإغراق - وهى L 123 - أقلها فى تراكم الحامض الأمينى برولين Proline بها تحت هذه الظروف. هذا.. علماً بأن مستوى البرولين فى النبات يتحدد بمدى النقص فى مستوى الأكسجين فى التربة أثناء التعرض للإغراق؛ فكلما ازداد النقص فى الأكسجين.. ازداد تراكم البرولين فى أنسجة النبات. وقد أدى ذلك إلى اعتقاد الباحثين أن مقاومة السلالة L 123 للإغراق مردها - جزئياً - إلى قدرتها على نقل الأكسجين من النموات الهوائية إلى الجذور.

٣ - الفاصوليا:

استخدم Nelson وآخرون (١٩٨٣) الطرق التالية لتقدير قدرة نباتات الفاصوليا على تحمل النمو فى الأراضى الغدقة التى تزيد فيها الرطوبة الأرضية لفترات طويلة.

أ - تقدير معدل تنفس الجذور تحت ظروف الرطوبة العالية بطريقة Triphenyl Tetrazoli-um Chloride Reductin Method (اختصاراً TTC).

ب - تقدير غير مباشر لمدى تلف الأغشية الخلوية لجدر الخلايا - حال تعرض الجذور للرطوبة العالية - بطريقة التوصيل الكهربائى Electrical Conductivity.

ج - تقدير مدى فقد النباتات للرطوبة بقياس الجهد المائى Water Potential بأنسجة الخشب فى الحزم الوعائية؛ بطريقة الـ Pressure Chamber (اختصاراً PC).

د - تقدير عيني يعتمد على المظهر الخارجى.

وقد أظهرت نتائج الدراسة توافقاً بين مختلف الطرق، لدى تطبيقها على ثلاثة تراكيب وراثية تختلف فى مدى قدرتها على تحمل النمو فى الأراضى الغدقة. وقد تطلبت طريقتا الـ TTC والتوصيل الكهربائى وقتاً طويلاً لإجرائهما، وأعطت أكثر النتائج تبايناً، بينما كانت نتائج اختبار الـ PC مرتبطة بشدة ($r = 0.85$) بالتقدير العيني. وكانت أكثر السلالات قدرة على تحمل الرطوبة العالية - فى الدراسة - هى PO 74.

التربة لتحمل زيادة العناصر فى التربة أو نقصها

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطاً مباشراً بانخفاض الرقم الهيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألومنيوم، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذى يحد من قدرة النباتات على النمو فى تلك الأراضى. ويصبح تركيز الألومنيوم والعناصر الأخرى ساماً للنباتات فى pH من ٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهي أن هذه المشكلة لا توجد فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة التى يرتفع فيها رقم pH التربة كثيراً عن نقطة التعادل؛ الأمر الذى يؤدي إلى تثبيت؛ ومن ثم.. ظهور مشكلة أخرى هى نقص بعض العناصر المغذية، والتى من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

وبالإضافة إلى مشكلتي زيادة ونقص العناصر المرتبطتين بالتغير فى pH التربة.. فهناك مشكلة عدم كفاية محتوى جميع أنواع الأراضى - بصورة عامة - من العناصر الأولية الضرورية للنبات؛ وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم (ويشذ عن ذلك الأراضى العضوية بالنسبة لعنصر النيتروجين الذى يكون عالياً فيها)؛ ولذا.. نولى استجابة النباتات للتسميد وكفاعتها فى الاستفادة من التركيزات الميسرة المنخفضة من العناصر المغذية اهتماماً خاصاً فى هذا الفصل.

كذلك يؤثر pH التربة في نشاط مختلف الكائنات الدقيقة التي تعيش فيها، ويهمننا في هذا المقام بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى من الجنس رايزوبيوم *Rhizobium*. وقد أوضحت الدراسات التي أجريت في هذا الشأن اختلاف سلالات النوع *R. japonicum* - الذى يعيش تعاونيا مع فول الصويا - باختلاف التربة (عن Devine ١٩٨٢).

ولما كانت الحاصل غير البقولية لا يمكنها المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية، والمحاصيل البقولية تختلف في مدى استفادتها من تلك المعيشة، وسلالات بكتيريا العقد الجذرية تتفاوت في مدى قدرتها على تثبيت أزوت الهواء الجوى؛ لذا.. فإننا نستعرض أيضاً - في هذا الفصل - جهود التربية في تلك المجالات؛ لعلاقتها بتحمل النباتات لنقص الأزوت في التربة.

ومن المصادر الهامة التى يمكن الرجوع إليها - للتعمق في موضوعات هذا الفصل - كل من Epstein (١٩٧٢)، Wright (١٩٧٦) و Devine (١٩٨٢)، و Gabelman وآخرين (١٩٨٦).

تحمل زيادة تركيز العناصر المعدنية في التربة

ليست كل العناصر التى يزيد تركيزها في الأراضى الحامضية - إلى درجة السمية - من العناصر الغذائية التى يحتاج إليها النبات. فالألومنيوم - مثلاً - الذى يعد أكثر العناصر سمية للنباتات في الأراضى الحامضية ليس من العناصر المغذية الضرورية لنموها.

ويتعين تحديد المشكلة جيداً قبل بدء برنامج التربية لنعرف - بدقة - أترجع إلى مجرد انخفاض pH التربة؟ أم إلى زيادة عنصر أو عناصر معينة فيها؟ أم إلى التفاعل بين اثنين أو أكثر من تلك العوامل؟.. ويعد ذلك ضرورياً ليتمكن توفير الظروف المناسبة التى تجرى فيها اختبارات التقييم.

الألومنيوم

يمكن إجراء التقييم - لتحمل زيادة تركيز الألومنيوم - فى طور البادرة فى الاراضى التى يزيد فيها تركيز هذا العنصر، ولكن يتعين الربط بين استجابة النباتات فى هذا الطور المبكر من النمو واستجابة النباتات البالغة. وقد أجريت - بالفعل - معظم دراسات التقييم لتلك الصفة فى أراض شديدة الحموضة. ولكن نظراً لسهولة الانتخاب لصفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى مزارع الأنسجة.. فقد اعتمد كثير من الباحثين على تقنيات مزارع الأنسجة لتأمين هذه الصفة.

ونستعرض - فيما يلى - الجهود التى بذلت فى عدد من المحاصيل الزراعية لأجل زيادة تحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الميسر لامتصاص النبات فى التربة.

١ - القمح :

تتوفر اختلافات كثيرة - طبيعية - بين أصناف القمح فى مدى حساسيتها، وتحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الذائب فى التربة. وقد أفاد ذلك كثيراً فى منع اندثار زراعة القمح فى دولة مثل البرازيل التى تتميز بتربها العالية الحموضة، والتى يزيد فيها تركيز الألومنيوم الميسر إلى درجة السمية.

بدأت تربية القمح لتحمل الألومنيوم - فى البرازيل - فى عام ١٩١٩ فى أراض شديدة الحموضة. ومن خلال هذا البرنامج اكتشفت صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى الصنف Polysu، وهو الذى نقلت منه هذه الصفة إلى جميع الأصناف التى انتشرت بعد ذلك فى الزراعة فى البرازيل؛ مثل: Frontana، و Rio Nigro، و Bage، و Trintani، و IAS 54، و IAS 55، و Londrina. وتنتج هذه الأصناف من ٤ - ٥ أطنان من القمح/هكتار فى الاراضى العالية الحموضة - التى تبلغ مساحتها ملايين الهكتارات - دونما حاجة إلى إضافة الجير إليها لتعديل الـ pH.

وفي ولاية أوهايو الأمريكية اختبر ٤٣ صنفا وسلالة من القمح في أرض ينخفض فيها الرقم الأيدروجيني إلى ٤,٣، ويرتفع فيها كثيراً تركيز الألومنيوم الذائب، ووجد أن الصنفين Fulton، و Thorne كانا أكثرهما تحملاً؛ حيث أنتجا من ٦٠ - ٨٠٪ من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض من الـ pH مقارنة بما أنتجا عندما أضيف ٢,٢ طنّاً من الجير/هكتار؛ لتعديل رقم الـ pH التربة ليصبح ٥,٢، بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى ٢٠ - ٣٠٪ من محصولها تحت ظروف انخفاض الـ pH.

وقد تم التوصل إلى طرق لاختبار تحمل الألومنيوم في طور البادرة تحت ظروف البيوت المحمية، حيث تُنمى النباتات في محاليل مغذية يضاف إليها تركيزات معلومة من الألومنيوم.

وأوضحت الدراسات الوراثية أن تحمل القمح للتركيزات العالية من الألومنيوم يتحكم فيها جين واحد سائد، ولكن يبدو أن تلك الصفة يتحكم فيها جينات مختلفة في كل من الأصناف: Atlas 66، و Blueboy، و Pennoll.

وتتميز الأصناف التي تتحمل التركيزات العالية من الألومنيوم الميسر في التربة بقدرة جذورها على إفراز مواد ترفع الـ pH في التربة المحيطة بالجذور مباشرة (حيث يتم امتصاص العناصر): الأمر الذي يؤدي إلى ترسيب الألومنيوم فيها. ويلاحظ أن ارتفاع الـ pH التربة يحدث عند زراعة هذه الأصناف في كل أجزاء التربة التي يصل إليها نمو الجذور، بينما يكون تعديل الـ pH في الطبقة السطحية فقط من التربة (طبقة الحرث) عند إضافة الجير. وتعرف تلك الخاصية النباتية المؤثرة في الـ pH التربة - كذلك - في كل من: الذرة، والسورج، وفول الصويا، والعُكرش fescue، وعشب weeping lovegrass (عن Frey ١٩٨١، و Lewis & Christiansen ١٩٨١).

ومن جهة أخرى.. وجد أن اختلاف أصناف القمح في تحملها لزيادة الألومنيوم كان مرده إلى اختلافها في تركيب الغشاء البلازمي الخارجى Plasmalemma لخلايا القمة النامية

للجنور، الذي يتحكم في دخول الأيونات إلى خلايا الجذر. فمثلاً.. وجد أن تركيز الألومنيوم الذي ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمي - يبلغ في الصنف المتحمل Atlas 66 من ١٠٠ - ٢٠٠ مثل التركيز الذي ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمي للصنف الحساس Brevor. وبمجرد نفاذ الألومنيوم إلى داخل الخلايا فإنه يضرها بدرجة متساوية في كل من أكثر الأصناف تحملاً وأكثرها حساسية (عن Devine ١٩٨٢).

٢ - الذرة :

تتوفر الاختلافات الوراثية في القدرة على تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم في الذرة. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن هذه الصفة بسيطة وسائدة. ولكن نظراً لوجود اختلافات كبيرة في مستويات تحمل الألومنيوم بين سلالات الذرة وفي العشائر الانعزالية.. لذا يعتقد وجود عدة آليات لتحمل الألومنيوم في موقع جيني واحد. ولم يمكن إثبات وجود أى تأثير أمي (سيتوبلازمي) في الصفة.

٣ - الشعير :

أمكن في الشعير - كذلك - التعرف على جين واحد سائد يتحكم في صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم. ويوجد هذا الجين - الذي أعطى الرمز Alp - في الصنفين Dayton، و Smooth Awn 86 (عن Devine ١٩٨٢).

٤ - الطماطم :

وجد Foy وآخرون (١٩٧٣) اختلافات جوهريّة بين أصناف الطماطم في قدرتها على النمو في أراض ذات pH ٤,٢. وكانت أكثر الأصناف حساسية هي Tuckers Favorite ، و Anahu، وأكثرها تحملاً Ace، و Owyhee .

وقد احتوت جنور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما في جنور الأصناف الحساسة.

كذلك أمكن انتخاب عدة سلالات خلايا Cell lines من صنف الطماطم مارجلوب Marglobe بعد زراعتها في بيئة مغذية، تحتوى على ألومنيوم فى صورة- Al EDTA بتركيز ٢٠٠ ميكرومول، واحتفظت هذه السلالات بصفة تحمل الألومنيوم حتى مع استمرار نموها فى مزارع ينقصها العنصر، لكن لم يمكن إنتاج نباتات من هذه السلالات؛ لأن الكالس كان مسناً.

٥ - الجزر :

أمكن انتخاب سلالات خلايا من الجزر متحملة للتركيزات المرتفعة من الألومنيوم، وهو على صورة كلوريد الألومنيوم، وأمکن إنتاج نباتات كاملة منها. وقد لقحت هذه النباتات ذاتياً، واختبرت بادراتها فى محلول مغذ، يحتوى على تركيز مرتفع من كلوريد الألومنيوم، ووجد أنها كانت على درجة عالية من القدرة على التحمل.

وقد تبين أن سلالات الخلايا التى تتحمل الألومنيوم تفرز فى بيئتها المغذية كميات من حامض الستريك أكثر مما تفرزه السلالات الحساسة، كما أمكن التغلب على سمية التركيزات العالية من الألومنيوم بإضافة حامض الستريك أو المالك إلى البيئة المغذية. ويبنو أن حامض الستريك الذى تفرزه السلالات - التى تتحمل الألومنيوم - يتحد مع العنصر ويجعله فى صورة مخيلية؛ مما يعنى تعرض الخلايا لتركيزات منخفضة من الألومنيوم تكون أقل ضرراً عليها (عن Starvek & Rains ١٩٨٤).

المنجنيز

تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات البرسيم الحجازى فى القدرة على تحمل زيادة تركيز الألومنيوم فى التربة. وقد تبين أن هذه الصفة كمية ويتحكم فيها نظام وراثى إضافى.

وقد لوحظ وجود اختلافات بين الهجن العكسية، ولكن تبين أن مردها إلى اختلاف سلالات

الأمهات في حجم البذور؛ الأمر الذي أثر في الصفات التي اتخذت كمقياس لصفة التحمل.

كما وجدت - في فول الصويا - اختلافات بين الهجن العكسية في تحملها لزيادة تركيز عنصر المنجنيز، واقترح أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية وأخرى كروموسومية.

كذلك وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات جنس الخس *Lactuca* في تحملها للتركيزات العالية من المنجنيز في الأراضي المعقمة بالبخار (يؤدي التعقيم بالبخار إلى تيسر كميات كبيرة من المنجنيز - بتركيزات سامة للنبات - في التربة). وتبين من التلقيحات التي أجريت بين صنف الخس الحساس للمنجنيز وثلاثة أصناف خس غير حساسة (هي: *Plenos*، و *Celtuce*، و *Tropo*) وسلالة غير حساسة من النوع البري *L. serriola*، تبين وجود أعداد مختلفة من الجينات المسؤولة عن عدم الحساسية للمنجنيز في مختلف الأصناف والسلالات كما يلي: جين واحد في كل من *Plenos*، و *Tropo*، وجينان في سلالة *L. serriola*، وربما أربعة جينات في *Celtuce*، وتبين وجود ثلاثة من هذه الجينات في مجموعة ارتباطية واحدة (عن Devine ١٩٨٢).

تحمل نقص العناصر المغذية

إن الاختلافات الوراثية بين النباتات يمكن أن تحدد مدى كفاءة النبات في امتصاص العناصر الغذائية من التربة (Brown ١٩٦٧). وقد أوضح Vose أن دراسة مثل هذه الاختلافات يمكن أن تساعد المربي في انتخاب وتربية أصناف تصلح للإنتاج تحت ظروف نقص بعض العناصر، أو بغرض زيادة نسبة عنصر معين في النبات؛ بهدف تحسين قيمته الغذائية.

ومن أمثله المحاصيل التي حدث فيها تقدم في التربية في هذا المجال ما يلي :

١ - الذرة :

وجدت اختلافات في صفة القدرة على امتصاص أيون الكبريتات بين ثلاث سلالات مرباة داخليا من الذرة، كما ظهرت قوة هجين لتلك الصفة في الهجن.

وتبين أن تراكم عنصر الكالسيوم فى الذرة يتحكم فيه عدة جينات ذات تأثير إضافى. كما أظهرت الدراسات الوراثية تحكم نظام وراثى إضافى فى تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والنحاس، والبورون، والزنك، والمنجنيز، والألمنيوم، والحديد فى كيزان الذرة. ووجدت كذلك اختلافات وراثية فى امتصاص وتراكم الفوسفور - فى النبات - فى كل من المحاليل المغذية والحقل. وتوضح الدراسات إمكان إنتاج هجن من الذرة أكثر قدرة على امتصاص الزنك من الأراضى التى تؤدى فيها زيادة التسميد الفوسفاتى إلى ظهور أعراض نقص الزنك.

٢ - فول الصويا :

أنتج صنف فول الصويا Weber الذى يتميز بتحملة لنقص الحديد الذى يحدث فى الأراضى الجيرية التى أجري فيها برنامج التربية.

٣ - الأرز :

قيمت عدة آلاف من أصناف وسلالات الأرز لتحمل النمو فى الأراضى القلوية، وأمكن التعرف على أفضلها؛ حيث استخدمت فى برنامج تربية لإنتاج سلالات عالية المحصول ذات قدرة كبيرة على تحمل قلوية التربة؛ مثل: 2 - 3 - 28 - IR 4427، و- 4 - 10 - IR 4227 . 1 - 3 .

كذلك أمكن التعرف على نحو ١٠٠ سلالة من الأرز قادرة على تحمل نقص الزنك، وعلى اختلافات وراثية كثيرة بين السلالات فى تحمل نقص كل من الفوسفور والزنك.

٤ - الفاصوليا :

أمكن التوصل إلى سلالات من الفاصوليا أكثر قدرة على تحمل نقص الفوسفور؛ بل إنها قد تغل محصولاً أعلى عند نقص الفوسفور؛ مقارنة بما تغله عن زيادة التسميد بالعنصر (عن Devine ١٩٨٢).

٥ - الشوفان :

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف الشوفان في مدى كفاءتها في الاستفادة من المنجنيز الميسر لها في التربة، وتبين أن الأصناف العالية الكفاءة تتميز بارتفاع محتوى نمواتها القمية من عنصر الكالسيوم. وفسر ذلك على أساس أن الكالسيوم يقوم - في الأصناف العالية الكفاءة في الاستفادة من المنجنيز - بجزء من النور الذي يقوم به المنجنيز؛ الأمر الذي يوفر هذا العنصر للتفاعلات الحيوية التي لا غنى عنه فيها.

كذلك يتميز صنف الشوفان 227 Cooker بكفاءة أعلى في الاستفادة من الحديد الميسر في التربة عن الصنف 312 - TAM 0، وتبين أن الصنف الأول (الكفاءة) كان قادراً على اختزال أيون الحديد إلى حديدوز على سطح الجذور، وأن محتواه من الكالسيوم كان أقل من محتوى الصنف الثاني (القليل الكفاءة). وقد اقترح أن الكالسيوم ينافس الحديد أو يثبط فعله في الصنف 312 - TAM 0.

٦ - الطماطم :

أ - النيتروجين :

قيم O'sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو في محلول مغذ، يحتوي على مستوى منخفض من الآزوت؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجراماً فقط لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها في الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التي يُصنَّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص. وتحت هذه الظروف.. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة أعلى بمقدار ٤٥٪ من السلالات القليلة الكفاءة.

وقد تبين من الدراسات الوراثية - التي أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة في الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت - أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة، مع ظهور تفاعلات أليلية من النوع الإضافي × الإضافي.

ب - الفوسفور :

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافاً في معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور في بيئة الزراعة، علماً بأن هذه السلالات تتماثل في معدل نموها في ظروف التغذية الطبيعية. وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣٪. وأوضحت الدراسة أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن - أو طول - الجذر كان عاملاً أولياً في تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر. كذلك كان لدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور الممتص دور هام في إبراز فروق النمو بينهما تحت ظروف نقص العنصر.

ونظراً لأن الفوسفور لا ينتقل في التربة.. فإن كفاءة النباتات في الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذري في التربة (عن Bliss ١٩٨١). وقد أوضحت دراسات Coltmann (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة في امتصاص العنصر، كما كانت شعيراتها الجذرية - تحت ظروف نقص العنصر - أطول، وغطت الجذور لمسافة أطول مما في السلالات الحساسة.

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة في امتصاص الفوسفور من محلول مغذٍ يحتوى على العنصر - بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومولاً - أن السلالة P.I. 121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة. وقد تميزت هذه السلالة - دون غيرها - بكثافة شعيراتها الجذرية؛ لذا أطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى Cottony root. وبرغم أن سلالة أخرى - هي P.I. 1102716 - كانت على نفس القدر من الكفاءة في امتصاص الفوسفور.. إلا أن جذورها كانت عادية. وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطنى متنحية، ويتحكم فيها جين واحد أعطى الرمز crt.

ج - البوتاسيوم :

قيم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو في محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات، ووجدوا

اختلافات كبيرة بينها في كفاءتها في استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر؛ معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التي ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم الممتص. وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة في الاستفادة من البوتاسيوم - تحت هذه الظروف - يزيد بمقدار ٧٩٪ عن أقل السلالات كفاءة. وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩٪، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩٪ في أنسجتها؛ مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة. وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التي تتحكم في الكفاءة العالية ذات تأثير إضافي أساساً، بينما كان تأثير السيادة والتفوق أقل.

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضرورياً لنمو الطماطم، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم في أمور عامة؛ مثل تنظيم الضغط الأسموزي؛ لذا.. فإن فصل تأثيرات كفاءة الاستفادة النبات من عنصر البوتاسيوم - في الأمور التي ليس للصوديوم علاقة بها - عن التأثيرات في الأمور التي يكون للصوديوم علاقة بها.. يعد ضرورياً لتحديد كفاءة السلالات في الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل؛ وبناء على ذلك.. قام Figdore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم في محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠,٠٧١ مللى مول في غياب - أو وجود - الصوديوم (المضاف)؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات في كفاءة استعمال البوتاسيوم، وفي كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم، وفي تراكم الصوديوم بالأوراق العليا.

واعتماداً على النتائج المتحصل عليها.. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات في الصفات السابقة، وأجريت بينها كل التلقيحات لدراسة وراثية تلك الصفات. وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم - في غياب الصوديوم - منخفضة، وتتأثر.. جوهرياً جداً - بكل من فعل الإضافة والسيادة والإضافة × الإضافة. وكانت درجة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية، وتأثرت جوهرياً جداً بفعل الإضافة والسيادة. كذلك كانت درجة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق

العليا عالية، وتأثرت - جوهرياً جداً - بفعل الإضافة. هذا... وكان Makmur وآخرون قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة.

د - الكالسيوم :

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفاً وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ١٦,٥ ملليجراماً كالسيوم لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص. كانت أكثر السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I. 205040، والسلالة P.I. 129021 من الهجين النوعى *L. esculentum* x *L. pimpinellifolium*. اللتان احتفظتا بكفاءتهما العالية حتى فى المستويات المرتفعة من الكالسيوم.

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم، ووجدوا اختلافات وراثية بينها فى كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزناً جافاً يزيد بمقدار ٨١٪ على السلالات القليلة الكفاءة، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقارباً حينما كان الكالسيوم متوافراً بتركيز كافٍ قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات. وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر، وأكثر كفاءة فى الاستفادة مما تمتصه منه.

كما تبين من دراسة وراثية - أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة - أن هذه الصفة تتأثر أساساً بالفعل الإضافى للجينات. وفى دراسة وراثية أخرى - أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) - وجد أن الكفاءة (معبراً عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكم فى الصفة، التى

تراوحت درجة توريثها - على النطاق العريض - من ٦٣٪ إلى ٧٩٪، وعلى النطاق الضيق.. من ٤٧٪ إلى ٤٩٪، ومن ٦٨٪ إلى ٧٥٪ في عائلتين مختلفين.

٧ - الفاصوليا :

أ - الفوسفور :

درس Fawole وآخرون (١٩٨٢)، وراثية كفاءة استفادة نبات الفاصوليا من الكميات المتاحة من عنصر الفوسفور - تحت ظروف نقص العنصر - واستخدمت لذلك ست عائلات من الفاصوليا، ناتجة من تلقحات بين سلالات منتخبة ذات كفاءة عالية، أو متوسطة، أو منخفضة في الاستفادة من العنصر، واتخذ الباحثون الوزن الكلى للنبات - تحت ظروف نقص العنصر - دليلاً على كفاءة النبات في الاستفادة منه. وقد أوضحت الدراسة أن التفوق Epistasis كان له دور كبير في وراثية تلك الصفة، خاصة تأثيرات الإضافة × الإضافة، والسيادة × السيادة، والإضافة × السيادة. وقد كانت تقديرات درجة توريث الصفة على النطاقين (العريض والضيق) عالية.

ب - البوتاسيوم :

لم يتمكن Shea وآخرون (١٩٦٧) من التعرف على اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الفاصوليا؛ من حيث قدرتها على امتصاص عنصر البوتاسيوم، إلا أنهم وجدوا اختلافات بينها في مدى كفاءتها في تمثيل البوتاسيوم الممتص، علماً بأن تلك الاختلافات لم يكن مردها إلى اختلاف السلالات في حجم البذور. وقد تبين أن صفة الكفاءة العالية في تمثيل البوتاسيوم يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز Ke.

ج - الحديد :

درس Coyne وآخرون (١٩٨٢) وراثية القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد في الفاصوليا في النسل الناتج من التلقيح بين السلالة الشديدة الحساسية P.I. 165078، والأصناف المقاومة GN Valley، و GN Emerson، و GN UI 59. وقد أوضحت نتائج الجيل

الثانى أن المقاومة كمية وسائدة سيادة تامة، بينما تبين من نتائج الجيل الثالث أن المقاومة يتحكم فيها زوجان من الجينات.

هذا.. وتتحكم الجذور فى امتصاص الحديد فى الطماطم، وفول الصويا، والحمص؛ وهو ما تحقق بدراسات التطعيم التى استخدمت فيها طعوم حساسة لنقص الحديد، وأصول مقاومة؛ حيث لم تظهر أعراض الاصفرار الناشئ من نقص الحديد فى الطعوم، كما تأكدت هذه الحقيقة بعمل التطعيم العكسى (باستخدام طعوم مقاومة لنقص الحديد، وأصول حساسة)؛ حيث ظهرت أعراض الاصفرار الناشئ من نقص الحديد على الطعوم.

وحيثما أجرى Zaiter وآخرون (١٩٨٧) دراسة تطعيم مماثلة على الفاصوليا - استخدموا فيها الصنفين المقاومين لنقص الحديد GN Emerson، و 10 - 83 - WMI - Neb والصنفين الحساسين P.I. 165078، و Steuben Yellow Eye - تبين أن الأصول هى التى تتحكم فى المقاومة لنقص العنصر، ربما بسبب قدرتها على امتصاص العنصر أو نقله إلى السيقان. وقد كان نقص الحديد أكثر وضوحاً فى الحرارة المنخفضة (٢٤م نهاراً، و٣م ليلاً) منه فى الحرارة المرتفعة (٢٩م نهاراً، و٨م ليلاً).

وفى دراسة موسعة عن وراثة القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد استخدمت فيها ثلاثة تراكيب وراثية حساسة، وسبع مقاومة (هى: GN Valley، و 1140 - GN، و 59 - UI، و GN Emerson، و 1 - Ep - Pinto، و Pinto Olathe، و 10 - 83 - WMI - Black Neb)، ودرست الصفة فى الآباء والجيل الثانى، وبعض سلالات الجيل الثالث - وجد Zaiter وآخرون (١٩٨٧) أن صفة المقاومة يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة المكملة لبعضها.

وتجدر الإشارة إلى أن مستوى الحديد المنخفض فى أوراق الفاصوليا ليس دليلاً على نقص العنصر فى النبات؛ إذ إن تركيز العنصر فى الأوراق التى تظهر عليها أعراض الاصفرار غالباً ما يكون مساوياً - أو أعلى من - تركيز العنصر فى الأوراق الخضراء العادية؛ ويرجع ذلك إلى أن أقل من ١٪ من كمية الحديد التى توجد فى النبات هى التى

تدخل فى التفاعلات الحيوية، بينما يتواجد معظم الحديد فى الفيتوفيرين Phytoferrin الذى لا يكون ميسراً بسرعة عند الحاجة إليه فى التفاعلات الحيوية.

٨ - القنبيط :

اختبر Hochmuth (١٩٨٤) كفاءة ٤٠ سلالة من القنبيط فى الاستفادة من الكالسيوم الذى وفره لها فى محلول مغذ بمعدل ٣٧٥ ميكرومول/ نبات، ووجد أن أكثر السلالات كفاءة أنتجت ١٤ مثل الوزن الجاف لأقل السلالات كفاءة. كما زادت نسبة كفاءة الكالسيوم (مجم مادة جافة/ مجم كالسيوم بالنسيج النباتى) فى أعلى السلالات كفاءة بمقدار ثلاثة أمثال عما فى أقل السلالات كفاءة.

حالات عدم القدرة الوراثية على تحمل نقص العناصر الغذائية

ليس من بين أهداف المربي إنتاج أصناف غير قادرة على تحمل النقص فى العناصر الغذائية فى التربة، ولكن تلك الحالات توجد كطفرات طبيعية، وقد تفيد دراستها فى إنتاج أصناف أكثر تحملاً لتلك الظروف، ومن أمثلة تلك الحالات ما يلى :

١ - يوجد فى إحدى سلالات فول الصويا جين متنح - أعطى الرمز fe - يتحكم فى ضعف كفاءة النبات فى الاستفادة من الحديد الميسر له، ويرجع ذلك إلى ضعف قدرة النباتات المتنحية الأصلية fe على اختزال الحديد Fe^{3+} إلى حديدوز Fe^{2+} على سطح الجذور. ولا يظهر تأثير هذا الجين إلا فى الجذور.

٢ - وجد أن سلالة الطماطم T 3820 غير قادرة على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعى، بالرغم من توفر العنصر للنبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز fer (Brown وآخرون ١٩٧٢)، كما تبين من دراسات التطعيم أن التركيب الوراثى للأصل هو الذى يتحكم فى امتصاص الحديد.

وقد تميزت الطماطم العادية التي تحمل الجين السائد Fer بقدرة جذورها - تحت ظروف نقص الحديد - على إفراز أيون الأيدروجين، الذي يزيد اختزال أيون الحديد إلى حديدوز على سطح الجذور، كما تميزت كذلك بزيادة محتوى جذورها من حامض الستريك (عن Devine ١٩٨٢).

٣ - أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات نفس السلالة السابقة (T 3820) كانت - كذلك - غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفي بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفأ ١٥ مرة منها في امتصاص العنصر.

كما اكتشف Wall & Andrus (١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة في سلالة الطماطم T 3238 - أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem - لا يمكنها نقل البورون داخل النبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز btl.

٤ - وجدت في السورجم صفة عدم القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد، وتبين أنها صفة كمية (عن Zaiter وآخرين ١٩٨٧).

٥ - وجد من دراسة وراثية على أكثر وأقل أصناف البنجر حساسية لنقص البورون (بزراعة نباتات الآباء والجيلين الأول والثاني، والهجن الرجعية في محلول مغذٍ يحتوى على بورون بتركيز ٠,٠٠١ جزءاً في المليون) أن الحساسية لنقص البورون صفة بسيطة سائدة (Tehrani وآخرون ١٩٧١).

٦ - وجدت صفة عدم القدرة على تحمل نقص عنصر المغنيسيوم في صنف الكرفس Utah 10B (وغيره من الأصناف)، وتبين أنه يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز mg. ويؤثر هذا الجين سلباً على امتصاص العنصر وانتقاله إلى النموات الخضرية (Pope & Munger ١٩٥٣ أ).

٧ - وجدت كذلك صفة عدم القدرة على تحمل نقص البورون في سلالة الكرفس S 48 1 - 54 -، وتبين أنه يتحكم فيها جين متنح (Pope & Munger ١٩٥٣ ب).

٨ - وجدت أيضاً صفة عدم القدرة على تحمل نقص الحديد فى بعض سلالات الذرة، ويتحكم فى ذلك الجين المتنحى ys الذى يؤثر فى امتصاص الجذور للعنصر.

٩ - يتحكم الجين np فى صفة عدم القدرة على تحمل نقص الفوسفور فى فول الصويا، وهو ذو سيادة غير تامة (عن Tal ١٩٨٤).

زيادة الكفاءة الوراثية فى الاستفادة من الأسمدة

يعد التسميد من أهم عمليات الخدمة الزراعية التى تعطى للمحاصيل الزراعية، كما أنه يشكل أحد بنود الإنفاق الرئيسية فى العملية الإنتاجية. ولا يمكن جنى الثمار الكاملة لتلك العملية ما لم تكن النباتات على درجة عالية من الكفاءة فى الاستفادة من الأسمدة المضافة؛ من حيث القدرة على امتصاص الجزء الأكبر منها من التربة، ونقلها إلى حيث تحتاج إليها، وتمثيلها، وتجنب الأضرار التى قد تنشأ عن زيادتها فى التربة أو فى أنسجتها.

ومع ارتفاع تكلفة حصاد المحاصيل البستانية قام المربون بإنتاج أصناف تحصد آلياً، وتتميز أصناف تلك المحاصيل - كما فى الطماطم مثلاً - بأنها تعطى نمواً خضرياً مندمجاً، وإزهاراً وإثماراً كثيفين ومركزين، ومحصولاً عالياً ومبكراً، فضلاً على أنها تزرع كثيفة؛ الأمر الذى يترتب عليه شدة حاجتها إلى العناصر الغذائية خلال فترة زمنية قصيرة؛ ولذا.. فإن أية زيادة فى كفاءة امتصاص واستخدام العناصر المغذية - وخاصة البوتاسيوم - فى هذه الأصناف يعد أمراً مرغوباً فيه.

كذلك تنمو نباتات الغابات - فى الظروف الطبيعية - ببطء شديد؛ الأمر الذى يجعلها تحصل على حاجتها من العناصر المغذية من التربة، بالرغم من فقر التربة فى تلك العناصر. ولكن.. مع الاتجاه إلى إدارة تلك الغابات لتعطى عائداً أفضل.. فإن على المربي أن ينتخب سلالات من الأشجار تكون أقوى نمواً وأكثر كفاءة فى الاستفادة من الأسمدة التى يمكن إضافتها فى ظل إدارة الإنسان لتلك الغابات (عن Epstein ١٩٧٢).

ومن أمثله المحاصيل التى حدث فيها تقدم فى التربية فى مجال الاستجابة للتسميد المرتفع ما يلى :

١ - القمح :

أمكن - بالتربية - إنتاج أصناف محسنة من القمح تستجيب للتسميد الآزوتي بدرجة عالية، مثل الصنف Sonora 64 الذي ازداد محصوله من ١٥٦٠ كجم / هكتار بدون تسميد آزوتي إلى ٦٤٧٠ كجم / هكتار عند التسميد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجيناً / هكتار؛ أى إن محصول القمح ازداد بمعدل ٣٠,٧ كجم / كجم من الآزوت المضاف بالتسميد.

كذلك استجاب صنف آخر محسن - هو Lerma Rojo 64 - بنفس الطريقة، ولكن على مستوى أقل قليلاً من الصنف السابق.

أما الأصناف التي كانت منتشرة في الزراعة المحلية (بالمكسيك) - مثل C-306 - فلم تستجيب لزيادة التسميد الآزوتي لأكثر من ٤٠ كجم من النيتروجين للهكتار؛ حيث أنتجت حوالى ٣٧٥٠ كجم للهكتار عند هذا المستوى من التسميد، ثم نقص محصولها بزيادة معدل التسميد عن ذلك.

٢ - الأرز :

أنتجت فى معهد بحوث الأرز الدولى بالقليبين أصناف من الأرز أكثر استجابة للتسميد الآزوتي، مثل الصنف IR8؛ الذى ارتفع محصوله إلى ٩٤٧٧ كجم/ هكتار عندما سُمِّد بمعدل ١٢٠ كجم نيتروجيناً للهكتار. وبالمقارنة.. فإن الصنف المحلى الفلبينى Peta أعطى أعلى محصول له - وهو حوالى ٥٢٠٠ كجم/ هكتار) عندما سُمِّد بنحو ٣٠ كجم آزوت للهكتار، ثم انخفض محصوله بزيادة التسميد الآزوتي عن ذلك إلى أن وصل المحصول ٢٥٠٠ كجم/ هكتار عند مستوى آزوت ١٢٠ كجم/ هكتار.

٣ - السورجم :

أمكن كذلك - بالتربية - إنتاج أصناف محسنة من السورجم - تستجيب للتسميد الآزوتي - من أمثلتها الصنف الذى بلغ محصوله نحو ٣٧٠٠ كجم / هكتار عندما سُمِّد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجيناً/ هكتار. وبالمقارنة.. ارتفع محصول الصنف الهندى المحلى من ٨٠٠

إلى ١٤٠٠ كجم فقط للهكتار عند زيادة مستوى التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٦٠ كجم/هكتار (عن The Rockefeller Foundation ١٩٦٦).

٤ - القطن :

تتوفر اختلافات بين أصناف القطن فى قدرتها على الاستجابة للتسميد البوتاسى والاستفادة منه؛ فمثلاً.. وجد - عندما كان طلب الأزهار والثمار على البوتاسيوم عالياً - أن امتصاص العنصر كان بمعدل ١٨٥ كجم / هكتار فى صنف القطن 42 - Acala، مقارنة بنحو ١٦٤ كجم /هكتار فى الصنف 1517 - C، بالرغم من أن محصول بذور وشعر القطن كانا أعلى فى الصنف الأخير (عن Devine ١٩٨٢).

هذا.. وليس من بين أهداف المربى إنتاج أصناف غير قادرة على الاستفادة من الأسمدة التى تضاف إلى التربة، ولكن دراسة تلك الحالات قد تفيد المربى فى إنتاج أصناف أكثر استجابة للتسميد. وعلى سبيل المثال.. وجد فى فول الصويا جين ذو سيادة غير تامة - أعطى الرمز Np - يتحكم فى الحساسية لزيادة التسميد الفوسفاتى؛ حيث كانت الأشكال المظهرية - لمختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف التسميد الفوسفاتى الغزير - كما يلى :

Np Np: بدون أية أعراض، أو تلطخ بنى خفيف على النموات الخضرية.

Np np: يظهر تلطخ بنى خفيف إلى متوسط.

np np: يظهر تلطخ بنى شديد.

زيادة الكفاءة الوراثية للمعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

تعيش بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات، وهى تتبع الجنس ريزوبيوم *Rhizobium* الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعاً متخصصاً على مختلف البقوليات، وقد يتغاش أكثر من نوع منها على محصول بقولى واحد، ونجد فى هذه الحالة اختلافاً بين تلك الأنواع فى مدى كفاءتها فى تثبيت أزوت الهواء الجوى.

كذلك تعرف سلالات من النوع البكتيري الواحد تتفاوت في مدى كفاءتها في تثبيت أزوت الهواء الجوى.

كما تعرف عديد من سلالات أنواع بقولية مختلفة غير قادرة على المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية. ويحدث ذلك لعدم قدرة البكتيريا على إصابة النبات البقولى؛ فلا تتكون أية عقد جذرية. ويتحكم فى هذه الصفة جينات متنحية. وقد تحدث الإصابة فى بعض السلالات البقولية، ولكنها لا تكتمل، ولا تتكون العقد الجذرية؛ بسبب وجود عوائق أمام أى من خطوات تلك العملية. ويتحكم فى هذه الصفة - فى مختلف البقوليات - جينات سائدة أو متنحية، وقد تتأثر بجينات محورة (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

وراثية القدرة على المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

نتناول هذا الموضوع بالدراسة من خلال استعراضنا للتباينات الوراثية لتلك الصفة فى عدد من الأنواع النباتية كما يلى :

١ - وجد أن أحد نباتات عشيرة عادية من البرسيم الأحمر Red Clover كانت خالية من العقد الجذرية، وتبين أن تلك الصفة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح مع عامل سيتوبلازمى، وكان هذا الجين مرتبطاً بجين آخر مسئول عن ضعف نمو النباتات واصفرارها.

٢ - اكتشفت سلالة من فول الصويا غير قادرة على تكوين عقد جذرية، وتبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح، ولم تكن مقاومة هذه السلالة للبكتيريا تامة؛ ففى بعض الظروف البيئية تمكنت بعض سلالات البكتيريا من تكوين عدد قليل من العقد الجذرية. وإنتاج عديد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة من أصناف فول الصويا التى تختلف فقط فى هذا الجين.. أمكن دراسة مدى تأثير عملية تثبيت أزوت الهواء الجوى على فول الصويا تحت ظروف الحقل.

٣ - وجدت فى بعض أنواع البرسيم تباينات وراثية كثيرة فى موعد ظهور العقد

الجزرية، علماً بأن ظهورها مبكراً يزيد من فرصة النبات من الاستفادة من الأزوت المثبت. ويستدل من الدراسات الوراثية على أن هذه الصفة كمية.

٤ - تبين أن عدداً من سلالات البسلة - التي تزرع في الشرق الأوسط ووسط آسيا - تفشل في تكوين عقد جذرية عند عداها - في أوروبا - بسلالات مختلفة من بكتيريا الجنس رايزوبيوم. وتتوفر هذه الصفة في الصنف الأفغاني Afghanistan، ويتحكم فيها جين واحد متنح. ويتمكن بكتيريا العقد الجذرية من إصابة الشعيرات الجذرية لهذا الصنف، ولكنها تكون انتفاخات صغيرة بدلاً من العقد الجذرية.

وفي الصنف الإيراني Iran لا تتكون عقد جذرية في حرارة ١٨ - ٢٠ م. وهو المجال المناسب لنمو البسلة - بينما تتكون لدى تعرض النباتات لحرارة ٢٦ م ولو لأيام قليلة. ويتحكم في هذه الخاصية جين آخر متنح غير الجين الموجود في الصنف أفغانستان.

كذلك عرفت عديد من سلالات البسلة الأخرى، وخاصة من أفغانستان، تقاوم واحداً أو أكثر من سلالات الرايزوبيوم. وكانت صفة المقاومة للبكتيريا - في جميع الحالات التي درست - يتحكم فيها جين واحد متنح.

وتتوفر اختلافات وراثية أيضاً في عدد العقد الجذرية التي تتكون بالنبات، وهي صفة يتحكم فيها جين واحد. ويرغم أن محصول البسلة يتناسب طردياً مع عدد العقد الجذرية، إلا أن حجم العقد الكبير يمكن أن يعوض قلة عددها (عن Sneeep & Hendriksen ١٩٧٩).

٤ - اكتشف Duc & Picard (١٩٨٦) طفرة متنحية في الفول الرومي، تجعل النبات غير قادر على المعيشة مع بكتيريا العقد الجذرية *R. leguminosarum* المتخصصة على الفول الرومي. تكون جنور هذه النباتات خالية تماماً من العقد الجذرية التي تعيش فيها البكتيريا، ويمكن تمييزها بكون نباتاتها تبدو صفراء اللون بعد استكمالها لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة.

٥ - وجد في اللوبيا أن التفاعل الجيني الإضافي كان أكثر أهمية من تفاعل السيادة، أو

تفاعل التفوق بالنسبة لوراثة كل من صفتي: عدد العقد الجذرية بالنبات، ونشاط إنزيم النيتروجينيز nitrognese، بينما كان العكس صحيحاً بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية بالنبات. وكانت درجات التوريث - المقدرة على النطاق العريض - عالية نسبياً بالنسبة لصفتي عدد العقد (٠,٥٥) ونشاط إنزيم النيتروجينيز (٠,٦٢)، ومنخفضة بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية (٠,٣٩) (Miller وآخرون ١٩٨٦).

٦ - وجد في إحدى الدراسات على الفاصوليا أن الصنف Canyon كان أقلها قدرة على تثبيت الآزوت، بينما كان الصنف Viva Pink أكثرها قدرة؛ علماً بأن الصنف الأخير يدخل في خلفيته الوراثية السلالة المكسيكية P.I. 203958 ذات القدرة العالية على تثبيت آزوت الهواء الجوي، وكان قد انتخب تحت ظروف استخدمت فيها مستويات منخفضة من الآزوت المضاف (عن Silberngael ١٩٨٦).

التباين في مدى كفاءة بكتيريا العقد الجذرية على المعيشة التعاونية

وجد - في عديد من الحالات - أن عدم قدرة بكتيريا العقد الجذرية (من جنس رايزوبيم) على تكوين تلك العقد (في سلالات معينة من النباتات البقولية) يرجع إلى مقاومة العائل لهذه البكتيريا. ولذا.. يفيد انتخاب سلالات أكثر ضراوة من البكتيريا - من مناطق مختلفة من العالم - ليتمكنها إصابة جنور البقوليات المقاومة، وخاصة في المناطق المستصلحة حديثاً.

طبيعة القدرة على المعيشة تعاونياً مع بكتريا العقد الجذرية

أوضحت دراسات التطعيم أن تكون العقد الجذرية يتحكم فيه الأصل من خلال قابليته للإصابة ببكتيريا العقد الجذرية. كذلك يتحكم الأصل في عدد العقد الجذرية المتكونة. أما قوة نمو هذه العقد ووزنها الطازج فقد تأثرا بالوزن الجاف والنشاط البنائي للطعم؛ حيث توقفا على كمية الغذاء المتوفرة بالأجزاء الهوائية للنبات (عن Miller وآخرين ١٩٨٧).

استخدامات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية

تأخذ دراسات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة الاستفادة من بكتيريا الجنس رايزوبيوم - التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى فى جنور البقوليات - ثلاثة مسارات، كما يلى :

١ - نقل الجينات المسنولة عن تثبيت آزوت الهواء الجوى من البكتيريا إلى النباتات مباشرة.

٢ - نقل الجينات المسنولة عن تقبل النباتات البقولية للإصابة بالبكتيريا إلى نباتات أخرى غير بقولية.

٣ - زيادة كفاءة البكتيريا فى تثبيت آزوت الهواء الجوى (عن Dodds ١٩٨٥).

ولكن لم يحدث تقدم كبير فى تلك المجالات إلى الآن.

وليزيد من التفاصيل عن موضوع التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية.. يراجع كل من : Postgate (١٩٧٥)، و Giles (١٩٨٠).

التربية لتحمل ملوثات البيئة

أولاً : تحمل ملوثات الهواء الجوى

يتلوث الهواء الجوى فى بعض المناطق ببعض المركبات التى تضر بالمزروعات. ومن أوسع هذه المركبات انتشاراً وأكثرها ضرراً: غاز ثانى أكسيد الكبريت، والأوزون، وبدرجة أقل غازات وأبخرة الكلور، والأمونيا، وحامض الأيدروكلوريك، وبعض الغازات الأخرى الأقل أهمية؛ مثل الفلوريد، والإيثيلين، وثانى أكسيد النيتروجين.

وقد قُدِّرَ أن هناك ما يقرب من ١٢٥ مليون طن من ملوثات الهواء تنطلق سنوياً فى أجواء الولايات المتحدة الأمريكية. وتشمل هذه الملوّثات: أول أكسيد الكربون بنسبة ٥٢٪، وأكاسيد الكبريت بنسبة ١٨٪، والهيدروكربونات بنسبة ١٢٪، وجزيئات مكونة للدخان بنسبة ١٠٪، وأكاسيد نيتروجين بنسبة ٦٪، ويرجع نحو ٦٠٪ من هذه الملوّثات إلى وسائل النقل، وخاصة السيارات، و١٩٪ للصناعة، و١٢٪ لمحطات توليد الطاقة، و٩٪ لأعمال التدفئة وحرق المخلفات (جانك ١٩٨٥). ويكثر الإيثيلين بالقرب من المناطق الصناعية، وغاز الفلور بالقرب من مصانع الألومنيوم، والزجاج، والسوبر فوسفات.

تختلف الأنواع النباتية كثيراً فى مدى حساسيتها لمختلف ملوثات الهواء. ويبين جدول (١١ - ١) هذا التباين بالنسبة لمحاصيل الخضر. يفيد التقسيم المبين فى الجدول فى اختيار الأنواع المحصولية المناسبة للزراعة فى المناطق التى يزيد فيها تركيز تلك الملوّثات، كما يفيد المربى فى تعرف الأنواع الحساسة التى تحتاج إلى توجيه الجهود إليها؛ لإنتاج أصناف منها تكون أكثر قدرة على تحمل تلك الملوّثات.

جدول (١١ - ١) : تقسيم محاصيل الخضر حسب حساسيتها للمركبات التي تلوث الهواء الجوي.

الخضروات			
المركب	حساسية	متوسطة	قادرة على التحمل
الأزوت	الفاصوليا - البروكلي - البصل - البطاطس - الفجل - السبانخ - الذرة السكرية - الطماطم - القارون	الجزر - الهندباء - البقدونس - الجزر الأبيض - اللفت	البنجر - الخيار - الخس
ثاني أكسيد الكبريت	الفاصوليا - البنجر - البروكلي - كرنب بروكسل - الجزر - الهندباء - الخس - البامية - الفلفل - القرع - العسل - الفجل - الروبارب - السبانخ - الكوسة - البطاطا - السلق السويسري - اللفت	الكرنب - البصلة الطماطم	الخيار - البصل - الذرة السكرية - الكرفس
الفلور	الذرة السكرية		الأسبرجس - الكوسة - الطماطم
PAN	الفاصوليا - البنجر - الكرفس - الجزر الهندباء - الخس - المسترد - الفلفل - السبانخ - الذرة السكرية - السلق السويسري - الطماطم	الجزر	البروكلي - الكرنب - القنبط - الخيار - البصل - الفجل - الكوسة
الإيثيلين	الفاصوليا - الخيار - البصلة - اللوبيا - الجزر - الكوسة - البطاطا - الطماطم	الجزر - الكوسة	البنجر - الكرنب - الهندباء - البصل - الفجل
الكلور	المسترد - البصل - الفجل - الذرة السكرية	الفاصوليا - الخيار - اللوبيا - الكوسة - الطماطم	البانجان - الفلفل
الأمونيا	المسترد		الطماطم

الأضرار التي تسببها ملوثات الهواء للمحاصيل الزراعية

أضرار الأوزون

يتكون الأوزون - أساساً - نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النيتروجين في وجود الأوكسجين وهيدروكربونات قابلة للتفاعل، والتي تنتج - أساساً - من حالات الاحتراق غير التام؛ مثل عادم السيارات.

تُحدث تركيزات منخفضة من الأوزون - تتراوح من ٠.٥ - ١.٢ - حجماً في المليون - لمدة ساعتين إلى أربع ساعات - أضراراً كبيرة لمعظم الأصناف الحساسة من بعض المحاصيل الزراعية. ويتواجد هذا التركيز - بالفعل - صيفاً في أجواء بعض المناطق من العالم، وفي بعض أجزاء من الولايات المتحدة.

إن الأعراض العادية للإصابة بالأوزون (O₃) Ozone هي ظهور بقع صغيرة غير منتظمة الشكل، لونها بني داكن يميل إلى السواد، أو رصاصي فاتح يميل إلى البياض على السطح العلوي للأوراق. وتعد الأوراق الصغيرة جداً والمسننة قادرتين على تحمل الأوزون، بينما تعد الأوراق التي أكملت نموها حديثاً شديدة الحساسية. وتظهر الإصابة غالباً على قمة الورقة، وعلى امتداد حافتها. ومع اشتداد الإصابة قد تمتد الأعراض إلى السطح السفلي للورقة.

تعد الفاصوليا من أكثر المحاصيل حساسية وتضرراً من هذا الغاز؛ حيث قدر متوسط الانخفاض في محصول الأصناف الحساسة من جراء التعرض لتركيز ٠.٠٤ - ٠.٠٦ - حجماً في المليون من الغاز لمدة ٧ ساعات يومياً بنحو ١٠ - ٢٦٪. كما يحدث التعرض للغاز نقصاً في معدل النمو النسبي للنباتات، ومعدل النمو المطلق، وإنتاج القرون، وتكوين العقد البكتيرية، ومحتوى النباتات من النيتروجين (عن Mersie وآخرين ١٩٩٠).

أضرار ثانى أكسيد الكبريت

يكثُر غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2 فى المناطق الصناعية؛ حيث يتصاعد مع أبخرة المصانع، ويتحد الغاز مع بخار الماء فى الجو، مكوناً حامض الكبريتيك، الذى يتساقط بعد ذلك على صورة أمطار حامضية. وعندما يلامس الحامض أوراق النباتات، فإنه يعمل على أكسدها، محدثاً فقداً واضحاً فى الكلوروفيل.

هذا.. وتتأثر الأنواع الحساسة للغاز بتركيز ٠.٥ - ٠.٥٠ جزءاً فى المليون، ويحدث الضرر خلال ٨ ساعات من التعرض لهذا التركيز. وتقل الفترة التى يحدث خلالها الضرر مع زيادة التركيز؛ فيحدث الضرر فى خلال ٢ دقائق إذا كان تركيز الغاز ١ - ٤ أجزاء فى المليون. أما الأصناف والأنواع المقاومة، فلا يحدث أى ضرر بها إلا إذا تعرضت لتركيزات أكبر، مثل جزأين فى المليون لمدة ٨ ساعات، أو ١٠ أجزاء فى المليون لمدة ٣٠ دقيقة.

وعندما يكون تركيز الغاز أقل من المستويات المذكورة، فإن النبات يكون قادراً على تحويل الغاز إلى مركبات أخرى غير ضارة به. هذا.. وتظهر أضرار الغاز فى تركيزات أقل فى حالة وجود ملوثات أخرى بالهواء الجوى؛ مثل ثانى أكسيد النيتروجين (Mudd ١٩٧٥).

يحدث ثانى أكسيد الكبريت نوعين من الأعراض: حادة acute، ومزمنة Chronic. وتتميز الأعراض الحادة بظهور أنسجة ميتة بين العروق، أو على حواف الورقة. وقد تفقد المناطق الميتة لونها، أو تصبح عاجية، أو رصاصية، أو برتقالية، أو حمراء، أو بنية محمرة، أو بنية. ويتوقف ذلك على النوع النباتى والظروف الجوية. أما الإصابة المزمنة، فتتميز بظهور مناطق بلون بنى محمر، أو بيضاء على نصل الورقة. هذا.. ونادراً ما تظهر أعراض الإصابة على الأوراق الحديثة، بينما تكون الأوراق الكاملة النمو شديدة الحساسية.

أضرار نترات البيروكسى أسيتيل

تنتج نترات البيروكسى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (اختصاراً: PAN) - مثل الأوزون - نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النتروجين فى وجود الأوكسجين والمركبات الهيدروكربونية القابلة للتفاعل التى توجد فى عادم السيارات وغيره من نواتج الاحتراق غير الكامل. وهى تؤثر فى النباتات فى تركيزات منخفضة تصل إلى أجزاء فى المليون.

تؤثر نترات البيروكسى أسيتيل على السطح السفلى للأوراق التى أكملت نموها حديثاً، مسببة اكتسابها للون البرونزى أو الفضى فى المناطق الحساسة. وتصبح قمة أوراق النباتات العريضة الأوراق حساسة للـ PAN بعد ظهور الورقة بنحو خمسة أيام. ولا يزيد عدد الأوراق الحساسة على الساق عن أربع أوراق فى الوقت الواحد، نظراً لأن سمية PAN تحدث والأنسجة فى مرحلة معينة من التكوين، ولا تصبح كل أنسجة الورقة حساسة إلا إذا استمر تعرضها للمركب.

أضرار الكلور

تكون أعراض الإصابة بالكلور Chlorine - عادة - حادة، وتشبه أعراض الإصابة بثانى أكسيد الكبريت؛ فتظهر متحللة وبيضاء بالنموات الخضرية. ويكون التحلل على حواف الأوراق فى بعض الأنواع، ومنتشراً بنصل الورقة فى أنواع أخرى.

أضرار الأمونيا

تحدث الأضرار الحقلية بالأمونيا فى صورة تغيرات فى لون الصبغات النباتية بالأنسجة الخارجية. وقد تصبح الأوراق الخارجية الجافة فى البصل الأحمر مخضرة أو سوداء، وفى البصل الأصفر والبني بلون بني داكن.

أضرار حامض الأيدروكلوريك

تظهر الأضرار الحادة لغاز حامض الأيدروكلوريك (HCl) فى شكل فقدان اللون بالأنسجة، كما يظهر احتراق بحواف أوراق الخس، والهندباء، والشيكوريا، ويتمدد - تدريجياً -

داخل الورقة التي سرعان ما تجف، بينما يظهر لون برونزي بين العروق في ورقة الطماطم. ولمزيد من التفاصيل الخاصة بالمركبات التي تلوث الهواء الجوى وأضرارها على النباتات بوجه عام يراجع Heggstad & Heck (١٩٧١)، و Mudd & Kozlowski (١٩٧٥)، و Ormrod وآخرون (١٩٧٦).

دور الانتخاب الطبيعي في تحمل النباتات لملوثات الهواء

نظراً لأن جميع ملوثات الهواء التي تعاني منها النباتات - حالياً - تعد حديثة نسبياً، ولم يسبق للنباتات أن تعرضت لها من قبل؛ لذا، لم يكن للانتخاب الطبيعي أى دور فى الإبقاء على أية طفرات ربما تكون قد ظهرت من قبل وتميزت بتحملها لأى من هذه الملوثات. ويعنى ذلك أن مثل هذه الطفرات - إن كانت قد ظهرت فيما مضى - لم يكن من الممكن انتخابها طبيعياً لغياب العامل الانتخابى. والأغلب أن معظم هذه الطفرات قد تعرضت للاندثار، إلا أن بعضها ربما استمر تواجهه قَدراً. وربما استفادت برامج التربية الحديثة - التي أجريت فى المناطق التي يزداد فيها تركيز ملوثات الهواء - دون وعى - من تلك الاختلافات الوارثية؛ فكانت الأصناف التي أفرزتها تلك البرامج - التي لم تهدف إلى تحمل ملوثات الهواء - أكثر تحملاً لتلك الملوثات من الأصناف التي أنتجت من قبل (قبل زيادة التلوث الجوى)، أو التي أنتجت فى مناطق أخرى ينخفض فيها التلوث.

طرق التقييم لتحمل الأوزون

تتبع الطرق التالية فى تقييم النباتات لتحمل الأوزون:

١ - التقييم الحقلى:

أنتجت - دون قصد - عديد من الأصناف المحسنة التي تتحمل الأوزون من مختلف المحاصيل الزراعية، لمجرد أن برامج التربية التي أفرزت تلك الأصناف أجريت فى مناطق يرتفع فيها تركيز الغاز، كما حدث فى مركز بحوث وزارة الزراعة الأمريكية فى بلتسفيل بولاية ميرلاند. ومن أمثلة تلك الأصناف: صنف البرسيم الحجازى Team، وأصناف

البطاطس Kennebec ، و Pungo ، و Katahdin ، التي لم يتأثر محصولها عند زراعتها في حجرات نمو ذات هواء مرشح خالٍ من الأوزون، بينما ازداد محصول أصناف أخرى من البطاطس حساسة للغاز (مثل Norchip ، و Haig ، و La Chipper) تحت نفس الظروف، وهى أصناف نتجت من برامج تربية أجريت فى مناطق ينخفض فيها تركيز الغاز.

كذلك كان صنف الفاصوليا الجافة California Small White 59 - الذى أنتج فى كاليفورنيا - أكثر تحملاً للأوزون عن أصناف أخرى تزرع عادة فى ولاية متشيجان. كما كانت أصناف القطن التى أنتجت فى وادى سان واكيم فى كاليفورنيا - مثل الصنف Acala - 1 - SJ - أكثر تحملاً للأوزون من أصناف نشأت فى ولايات أو فى مناطق أخرى لا تعاني التلوث بالأوزون (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

يتبين مما تقدم أن الاختبارات الحقلية فى المناطق التى يزيد فيها تركيز الأوزون تعد وسيلة فعالة لانتخاب النباتات التى تتحمل الغاز.

٢ - اختبارات حجرات النمو :

أجريت عديد من اختبارات التقييم لتحمل الغاز فى ظروف حجرات النمو التى يتم التحكم فيها؛ حيث يتم تعريض النباتات لتركيزات عالية من الغاز لعدة ساعات، ثم يقدر الضرر الحادث للنمو الخضرية. ويكون دليل الضرر - عادة - هو نسبة الجزء المصاب من كل ورقة.

ويتعين فى هذه الاختبارات أن تكون الظروف البيئية وتركيز الغاز مقاربة لما تكون عليه الحال فى الظروف الطبيعية. كما يجب تحديد فترة مناسبة للتعرض للغاز، ويتعين أخذ كافة العوامل الأخرى المؤثرة على حساسية النباتات فى الحسبان؛ مثل: عمر النبات، ودرجة النضج، والوقت من اليوم (لعلاقة ذلك بانفتاح الثغور وانغلاقها)، وحالة التغذية بالعناصر التى يحتاج إليها النبات، كما يلي:

أ - عمر النبات:

تتأثر حساسية النباتات للأوزون بمرحلة النمو النباتي ومعدله، فمثلاً.. تكون الفاصوليا الجافة أكثر حساسية للغاز بعد وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار التام. ففي تلك الأثناء.. يتوقف تكوين أوراق جديدة، ويعاد توزيع المواد الكربوهيدراتية - من النموات الخضرية - إلى الأعضاء التكاثرية. وقد وجد أن الفاصوليا تكون أكثر حساسية لكل من الأوزون وأكسيد الكبريت ابتداء من مرحلة الإزهار التام إلى مرحلة اكتمال الإثمار؛ أما قبل ذلك.. فقد أبدت النباتات درجات مختلفة من القدرة على تحمل الغازين.

وفي دراسة على ستة أصناف من الطماطم اختلفت حساسيتها للأوزون وهي بعمر ٢، ٤، و٦ أسابيع، ولكن الترتيب النسبي للأصناف - من حيث استجابتها للغاز - ظل ثابتاً.

ب - عمر الورقة:

وجد في الفطن - على سبيل المثال - أن حساسية الأوراق للأوزون تكون أعلى ما يمكن عندما تصل إلى نحو ٧٥٪ من نموها الطبيعي، ثم تقل حساسيتها للغاز تدريجياً بعد ذلك.

ج - الوقت من اليوم:

كانت أوراق التبغ حساسة للأوزون بعد ٤ ساعات من التعرض للضوء، ثم انخفضت حساسيتها للغاز - تدريجياً - بعد ٦ ساعات من التعرض للضوء (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

جهود التربية لتحمل ملوثات الهواء

حظيت بعض النباتات المزروعة، وخاصة التبغ وبعض محاصيل الخضر - بكثير من الاهتمام لأجل إنتاج أصناف أكثر تحملاً لمختلف ملوثات الهواء، وخاصة الأوزون الذي يعد من أهم تلك الملوثات. ونستعرض - فيما يلي - الجهود التي بذلت في تربية بعض هذه المحاصيل:

١ - الطماطم :

قيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة، ووجدوا أن النوع *L. pimpinellifolium* أكثرها حساسية، والنوع *L. esculentum* أقلها حساسية للأوزون. وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هي P.I.203229، و P.I.247089، و P.I.304234، و P.I.309915، و VFN8.

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفاً من الطماطم للأوزون بتعريضها تركيز ٤٠ (pphm) لمدة ساعة ونصف في الصباح، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز في المساء كان الضرر أكبر منه في الصباح، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF و Red Cherry، وأقلها حساسية (أي أقلها تضرراً من الغاز) هي VF 145B، و Heinz 1439. كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هي P.I.109835، و P.I.247136، و P.I.285663، و P.I.303792، و New Yorker، و Heniz 1439.

٢ - الخيار:

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الخيار في قدرتها على تحمل التركيزات العالية - نسبياً - من ثاني أكسيد الكبريت في الهواء الجوى. وقد توصل Bressan وآخرون (١٩٨١) - من التلقيح بين الصنف المقاوم National Picking والصنف الحساس Chipper - إلى أن القدرة على تحمل التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد.

٣ - الفاصوليا :

تتوفر اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف وسلالات الفاصوليا في تحملها لغاز الأوزون. فعلى سبيل المثال.. قيم عديد من أصناف وسلالات الفاصوليا لمقاومة الأوزون - تحت الظروف الحقلية لمدينتي Beltsville، و Salisbury بولاية ميرلاند الأمريكية؛ حيث يزداد فيها تركيز الغاز بدرجة كبيرة - ووجد أن أصنافاً كثيرة منها كانت مقاومة للغاز، لدرجة أنه اقترح عدم جدوى التربية لمقاومة الأوزون في الفاصوليا. ومع ذلك.. فقد نصح باختبار -

سلالات الفاصوليا الجديدة في تلك المنطقتين قبل إكثارها للإنتاج التجارى (عن Lewis & Christiansen ١٩٨٨).

وفي دراسة أخرى.. قيم Mersie وآخرون (١٩٩٠) ٤١٠ أصناف وسلالة من الفاصوليا تحت ظروف حجات النمو؛ حيث عرضوا بادرات الفاصوليا الصغيرة لتركيز ٦،. حجما في المليون لمدة ساعتين، وقاموا بقياس الضرر الذي حدث للأوراق. ووجد الباحثون أن ١٧ صنفاً وسلالة منها كانت غير حساسه للغاز، و٢٧٠ كانت حساسة، و ٢٣ عالية الحساسية.

وفي دراسة قدر فيها ارتداد المحصول مقابل تركيز غاز الأوزون.. وجد Heck وآخرون أن BBL - 290، و BBL - 254 كانا أكثر حساسية من BBL - 274، و Dwarf Hor-، و ticultural. وأكدت النتائج أن جيرمبلام الفاصوليا يحتوى على صفة المقاومة للتركيزات الحالية من الأوزون، ولكن المقاومة تفقد مع زيادة تركيز الغاز.

وتوضح دراسة وراثية شملت صنفين حساسين للغاز (هما: Spurt، و Blue Lake Stringless) وصنفين متحملين (هما: Black Turtle Soup، و French's Horticultural) أن الحساسية للغاز صفة سائدة ويتحكم فيها أكثر من جين. كما تبين أن الأصناف التى تتحمل الغاز يقل فيها عدد الثغور - فى وحدة المساحة من الورقة - بمقدار ٢٥٪ عما فى الأصناف الحساسة، كما تغلق ثغورها عقب تعرضها للغاز، بينما تظل ثغور الأصناف الحساسة مفتوحة (عن Reinert ١٩٧٩).

كذلك تتوفر فى الفاصوليا صفة تحمل تلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكبريت، وهى صفة متنحية (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

٤ - البصل :

وجد أن مقاومة الأوزون فى البصل يتحكم فيها جين واحد سائد، يجعل الخلايا الحارسة حساسة للغاز؛ مما يؤدى إلى إغلاق الثغور - تلقائياً - لدى تعرضها له، فلا تُضار النباتات من جراء ذلك (عن Heggestad & Heck ١٩٧١).

كما وجد أن مقاومة غاز ثاني أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد كذلك (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

٥ - الذرة السكرية :

وجدت اختلافات بين سلالات الذرة السكرية في تحملها للأوزون، وتبين أن هذه الصفة ثابتة، وسائدة جزئياً تحت ظروف الحقل.

٦ - توضح الدراسات الوراثية - التي أجريت على التبغ - أن تحمل الأوزون صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافي أساساً.

٧ - كانت صفة تحمل الأوزون في البيتونيا كمية وسائدة جزئياً (عن Reinert ١٩٧٩).

ثانياً: تحمل ملوثات التربة

تتلوث التربة في مختلف بقاع العالم بمركبات عديدة يصعب حصرها. ويهتم مربى النبات بأمر هذه الملوثات من ناحيتين: أولاًها تربية أصناف يمكنها تحمل التركيزات المرتفعة نسبياً من ملوثات التربة، وأخراًها إنتاج نباتات أقل كفاءة في امتصاص تلك الملوثات من التربة، أو أكثر قدرة على تحويلها - بعد امتصاصها - إلى مركبات أخرى أقل ضرراً؛ وبذا.. يقلل ضررها على الإنسان أو الحيوانات الزراعية التي تستهلك تلك النباتات.

ولكن نظراً لحداثة موضوع ملوثات التربة.. فإن اهتمامات مربى النبات تجاهه كانت - وما زالت - محدودة. ويستثنى من ذلك مجال تربية النباتات لتحمل مبيدات الحشائش، الذي نفرد له الفصل الثاني عشر من هذا الكتاب. ويمكن تلخيص أهم الإنجازات في مجال التربية لتحمل ملوثات التربة الأخرى في النقاط التالية:

١ - وجد أن عشائر نباتات نجيل المرجية (*Agrostis tenuis*) bent grass النامية بالقرب من مختلف المناجم كانت أكثر تحملاً للتركيزات العالية من عناصر النحاس، والنيكل، والزنك، والرصاص التي تلوث التربة بتركيزات عالية في البقاع المحيطة بالمناجم. وقد كان تحمل كل

عشيرة منها مقصوداً على العنصر المعين الذى يلوث البيئة بالقرب من المنطقة المحيطة بالمنجم الذى جمعت منها نباتات العشيرة. ويستثنى من ذلك العشائر المتحملة لعنصر النيكل والزنك؛ حيث تميزت العشائر القادرة على تحمل التركيزات العالية من أحد العنصرين بتحملها للعنصر الآخر كذلك. وكان ذلك راجعاً إلى تواجد تركيزات عالية من كلا العنصرين فى مناطق المناجم التى جمعت منها (عن Devine ١٩٨٢).

٢ - يؤدي تلوث التربة بالنحاس (بفعل نشاط المناجم، أو التلوث بمياه الصرف الصحى، أو الإفراط فى استعمال المبيدات الفطرية المحتوية على النحاس) إلى ظهور أعراض التسمم بهذا العنصر على النباتات، وهى: ضعف النمو الخضري والجذري، والاصفرار العام. وفى الكرنب.. تظهر نقط سوداء black specks على الأوراق.

وبتقييم ٨٤ صنفاً من الكرنب لتحمل التركيزات العالية من النحاس فى المزارع المائية (١,٥ - ٢,٠ مجم لتر، مقارنة بتركيز ٠,٠٣ مجم/ لتر لمعاملة الشاهد).. وجد أن الصنف Wisconsin All Seasons كان محتملاً للتركيزات العالية من العنصر مقارنة بالصنف الحساس Globe King، الذى تبين أن نمواته الخضرية تحتوى على تركيزات أعلى من عنصر النحاس (Rousos & Harrison ١٩٨٧).

٣ - استخدمت مزارع الأنسجة فى انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من بعض العناصر (بعد معاملة المزارع بالعوامل المطفرة)، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ - انتخبت سلالات خلايا بتيونيا *Petunia hybrida* مقاومة للتركيزات العالية من الزئبق، لكن لم يمكن تمييز نباتات منها، كما لم تختلف السلالات المقاومة عن غير المقاومة فى امتصاصها للزئبق من البيئة المغذية.

ب - انتخبت سلالات خلايا تبغ قادرة على تحمل تركيزات عالية من عنصرى الزئبق والنحاس، ولكن النباتات التى تميزت منها لم تتحمل نفس تركيزات العناصر التى تحملتها سلالات الخلايا.

ج - انتخبت سلالات خلايا أرز قادرة على تحمل تركيزات عالية من النحاس، لكن لم تميز منها نباتات كاملة.

د - انتخبت سلالات خلايا من *Agrostis stolonifera* قادرة على تحمل تركيزات عالية من الزنك والنحاس، وتميزت نباتات منها لها نفس القدرة على التحمل. كان نمو سلالات الخلايا بطيئاً في غياب العنصر الذي يتحمل زيادة تركيزه، وكان امتصاص أى من العنصرين عالياً في كل من سلالات الخلايا التي تتحملة والنباتات التي تميزت منها (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

٤ - درس تراكم العنصر المشع استرونيوم Strontium (الذي يتساقط على سطح الأرض - مع ماء المطر - بعد حالات التلوث النووي، وتمتصه النباتات ، ليصل بعد ذلك إلى الإنسان - أو إلى الحيوانات الزراعية، ثم إلى الإنسان المستهلك لها - حيث يثبت في العظام مثل الكالسيوم).. وقد درس تراكم هذا العنصر في الشعير والقمح وبعض الأنواع الأخرى، ووجدت اختلافات وراثية بين الأصناف في مدى تراكم العنصر المشع فيها. وقد أوضحت دراسات التطعيم التي أجريت على فول الصويا أن النموات الخضرية هي التي تتحكم في خفض تراكم عنصر الاسترونيوم في النباتات (عن Epstein ١٩٧٢).

التربية لتحمل مبيدات الحشائش

سبقت الإشارة إلى أنه - من بين مختلف ملوثات التربة - فإن مبيدات الحشائش نالت قسماً وافراً من اهتمام مربى النبات، وخاصة مربى الخضر، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ - ليس من الحكمة إنتاج مبيدات حشائش تناسب أياً من المحاصيل الزراعية التي لا تزرع على نطاق واسع، مثل معظم محاصيل الخضر؛ لأن إنتاج أى مبيد جديد أصبح باهظ التكاليف إلى درجة تتطلب استعماله على نطاق واسع جداً؛ ليتسنى تسويقه بسعر مناسب، واسترداد رأس المال المستثمر خلال فترة زمنية معقولة.

٢ - وحتى فى حالة المحاصيل الحقلية التي تزرع على نطاق واسع.. فإن إنتاج أصناف جديدة منها تتحمل مبيدات الحشائش المتوفرة أفضل من محاولة إنتاج مبيدات جديدة؛ لأن تكاليف استنباط الصنف الجديد لا تزيد - فى أغلب الأحيان - على ١ - ٥٪ من تكاليف إنتاج المبيد الجديد، التي تشمل الاختبارات الحقلية، ودراسات السمية، وتلوث البيئة، وتكاليف إقامة مصنع الإنتاج.

٣ - تقوم شركات إنتاج المبيدات - وجميعها مؤسسات ضخمة - بتمويل بحوث استنباط الأصناف المحصولية التي تتحمل مبيدات الحشائش - التي تنتجها تلك الشركات، والتي تكون فعالة ضد مدى واسع من الأعشاب الضارة - بهدف زيادة مبيعاتها من هذه المبيدات.

٤ - قلة عدد مبيدات الحشائش الجيدة المسجلة للاستعمال مع مختلف المحاصيل الزراعية، وتناقص الأعداد الجديدة - المنتجة منها - سنوياً.

الأمور التي يجب أخذها في الحسبان عند التربية لتحمل مبيدات الحشائش

يتعين - قبل بدء أى برنامج تربية لتحمل مبيد معين من الحشائش فى محصول ما - أخذ الأمور التالية فى الحسبان:

١ - اختيار المبيد الذى يتميز بخاصية قتل عالية لأكثر عدد من الحشائش الهامة للمحصول، بجرعات اقتصادية.

٢ - ملاحظة أن الجرعة المناسبة من المبيد للاستعمال مع الصنف المزعم استنباطه قد تختلف عن الجرعات الموصى بها من المبيد فى حالات أخرى، والحرص على مراعاة الجانب الاقتصادى فى ذلك. هذا.. إلا أن الجرعة المناسبة للاستعمال مع الصنف الجديد لا تتحدد - عملياً - إلا بعد إنتاج ذلك الصنف.

٣ - مراعاة مدى تحمل المحصول - وراثياً - للمبيد قبل الشروع فى التربية لزيادة قدرته على التحمل؛ فعندما يكون المحصول أكثر تحملاً للمبيد عن غالبية أنواع الأعشاب الضارة التى تنمو معه.. فإن مدى التحسّن المطلوب - حينئذ - لجعل المبيد مناسباً للاستعمال مع المحصول - يكون أقل مما لو كان المحصول شديد الحساسية للمبيد - بطبيعته - بدرجة أكبر من الحشائش التى تنمو معه، وقد يتطلب التوصل إلى تلك الحقيقة إجراء بعض التقييم الأولى.

٤ - إجراء تقييم أولى بين أصناف وسلالات المحصول الواحد فى اختيار الآباء المناسبة لبدء برنامج التربية.

٥ - تجنب اختيار المبيدات التى تكون شديدة الضرر على الإنسان أو البيئة، والمبيدات التى لا تلقى إقبالاً كبيراً على استعمالها لئى سبب كان؛ لأن مثل هذه المبيدات تكون أكثر

عرضة للاندثار؛ لظهور غيرها أفضل منها، أو بسبب تشريعات حماية البيئة التي قد تمنع استخدامها أو تحد منه. وتزداد أهمية هذا العامل في ضوء البطء الطبيعي لبرامج التربية التي قد تستغرق عشر سنوات قبل ظهور الصنف الجديد.

٦ - من المعروف أن القدرة التنافسية، والقدرة على البقاء، والقدرة على التأقلم مع الظروف المحيطة تكون أقل في سلالات الفطريات المقاومة للمبيدات الفطرية، وفي سلالات الحشرات المقاومة للمبيدات الحشرية، وسلالات مسببات الأمراض والآفات القادرة على كسر مقاومة النباتات لها، (ظاهرة الانتخاب المثبت Stabilizing Selection)؛ يراجع لذلك حسن (١٩٩٣)، وذلك مقارنة بالسلالات العادية من تلك الكائنات. ولذا.. فمن الممكن أن تكون سلالات النباتات التي تتحمل مبيدات الحشائش أقل قدرة على التكيف والمواءمة مع ظروف الإنتاج العادية؛ بأن يكون للجين أو الجينات المسؤولة عن تحمل المبيد تأثيرات أخرى سلبية على المحصول أو صفات الجودة.

ويعزز هذا الاعتقاد رداءة الصفات المحصولية للأقماح الشتوية التي وجدت بها صفة تحمل الأترازين، وكذلك الصفات العادية (غير المتميزة) لأصناف الزوان المعمر الأولى التي وجدت مقاومة للباراكوات.

ولكن يجب ألا يتوقع أن تكون أولى الأصناف المنتخبة لتحمل مبيدات الحشائش من محصول ما مماثلة في جودتها للأصناف الأخرى المتميزة من نفس المحصول التي تنتشر في الزراعة (عن Machado ١٩٨٢).

طرق التقييم لتحمل مبيدات الحشائش

نالت دراسات طبيعة فعل مبيدات الحشائش وكيفية تحمل النباتات لها قسماً وافراً من اهتمام المشتغلين في هذا المجال، ولكن - ومن وجهه نظر المربي الخاصة - فإن هذه الأمور لا تفيد كثيراً في عمليات التقييم لانتخاب النباتات التي تتحمل فعل المبيدات. فبفرض أن صفة التحمل تظهر جيداً تحت ظروف الحقل، ولا تؤثر سلباً على المحصول كما ونوعاً..

فإنه لا يهم المربي كون صفة تحمل المبيد ترجع إلى عدم امتصاص النبات له، أم إلى ضعف انتقاله في النبات، أم إلى عدم حساسية النبات له، أم إلى سرعة تحلل المبيد أو تغيره - كيميائياً - داخل النبات... إلخ. ويستثنى من ذلك دراسات الهندسة الوراثية ومزارع الأنسجة التي تكون على المستوى الخلوي.

كذلك لا يفيد المربي ربط صفة التحمل بصفات تشريحية أو مورفولوجية؛ لأن تأثير المبيد على النبات يكون واضحاً جداً للعين، وأسهل بكثير من قياس صفات مثل الشمع السطحي وكثافة الشعيرات... إلخ.

ومن أهم طرق التقييم لتحمل مبيدات الحشائش ما يلي:

١ - التقييم الحقلى:

يتم التقييم الحقلى بزراعة أعداد كبيرة من النباتات، ثم رشها - تحت ظروف الحقل - بالمبيد الذى يؤدى إلى قتل جميع النباتات الحساسة؛ حيث تنتخب النباتات المتبقية. تتميز هذه الطريقة بسهولتها، ولكن يعيبها ما يلي:

أ - عدم تجانس توزيع المبيد بسبب تيارات الهواء، أو لأسباب فنية تتعلق ببشابير (بزابيز) الرش.

ب - عدم تجانس تربة الحقل؛ وما يترتب على ذلك من اختلافات فى قوة نمو النباتات، وتأثير ذلك فى قدرة النباتات على تحمل المبيد.

ج - تأثير العوامل البيئة فى فاعلية التركيز المستخدم من المبيد، والحاجة إلى تعديله تبعاً للظروف البيئية السائدة.

د - احتمال تأخر إنبات بعض البنور؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة فرصة الإفلات من أضرار المبيد.

هـ - احتمال عدم وصول المبيد إلى النبات؛ بسبب حمايته بغطاء من النباتات أو الحشائش المجاورة له.

٢ - التقييم فى البيوت المحمية:

يجرى التقييم لتحمل مبيدات الحشائش - فى البيوت المحمية (الصوبات) - فى طور البادرة؛ حيث يمكن اختبار عدد كبير من النباتات فى مساحة صغيرة نسبياً، وتوفر الصوبات الجو المناسب الذى يمكن التحكم فيه أيًا كان موسم النمو.

تسمح هذه الطريقة، بالتمييز بين النباتات أو السلالات التى تُظهر مستويات مختلفة من تحمل المبيد. وقد يكون من المرغوب فيه الإبقاء على أفضل ١٪ من النباتات، لكن يكون من الصعب المعاملة بالتركيز الذى يقضى على ٩٩٪ من النباتات. ولذا.. يفضل تعديل الهدف إلى التخلص من ٩٥٪ من النباتات. وبذا.. تكون أمامنا فرصة لانتخاب أفضل النباتات من بين المتبقية من المعاملة.

وبرغم أن استجابة النباتات لفعل المبيد - وهى فى طور البادرة - قد تختلف عن استجابتها له فى أطوار النمو الأكثر تقدماً، إلا أن هذا لا يهم إلا فى الحالات القليلة التى تتم فيها المعاملة بالمبيد فى مرحلة متقدمة من النمو النباتى.

وإذا أُجريت المعاملة بالمبيد فى مرحلة أكثر تقدماً من النمو النباتى.. فإنه يجب عدم الاعتماد على انتخاب كل النباتات التى لا يقضى عليها حينئذ، ولا يجب قياس أطوال النباتات أو وزنها الجاف.. فذلك أمور يمكن أن تتأثر كثيراً بعوامل أخرى.. ويتعين - بدلاً من ذلك - إجراء فحص عينى للنباتات التى تحملت المبيد لاستبعاد جميع النباتات التى كانت أكثر تضرراً منه (عن Faulkner ١٩٨٢).

٣ - التقييم فى مزارع الأنسجة:

يكون الهدف من التقييم فى مزارع الأنسجة - بطبيعية الحال - هو انتخاب خلايا مطفرة - قادرة على تحمل تركيز معين من المبيد - وإكثارها لتصبح سلالة خلية Cell clone، ثم توفير الظروف اللازمة لتمييز نباتات كاملة منها.

ويتعين قبل البدء في اختبار كهذا الإلمام بطبيعة فعل المبيد. ويهم أيضاً التحكم التام في مرحلة نمو مزرعة الخلايا. فمثلاً.. تكون مزارع خلايا الطماطم المحتوية على الكلوروفيل شديدة التأثر بتركيزات من الدايرون diuron والسيمازين simazine أقل بكثير من التركيزات المؤثرة في مزارع الخلايا غير المحتوية على الكلوروفيل؛ علماً بأن كلا من المبيدين مثبط لعملية البناء الضوئي. وعلى العكس من ذلك.. فإن مزارع خلايا الطماطم البيضاء تتأثر بتركيزات من مبيد نابروباميد napropamide أقل من تلك التي تؤثر في مزارع الخلايا الخضراء.

ومن بين عديد من الحالات التي انتخبت فيها سلالات خلايا تتحمل مبيدات الحشائش.. نسوق الأمثلة التالية التي أمكن فيها إنتاج نباتات كاملة - تتحمل المبيد - من مزارع الخلايا:

أ - أمكن عزل خمس سلالات من التبغ قادرة على تحمل مبيد الحشائش بكلورام picloram بالانتخاب الإجمالي من مزارع مغلقات الخلايا. وتم ذلك بمعاملة خلايا التبغ في معلق من المحلول المغذي لتركيز سام من المبيد، ثم غسيل الخلايا ببيئة خالية من المبيد، ثم زراعتها على بيئة أجار. ترتب على ذلك بقاء خلية واحدة (كونت كالوس) من كل حوالي ١٠٠٠٠٠ خلية. وبعد ذلك استحثت خلايا الكالوس لتكوين نباتات كاملة؛ تبين بالتحليل الوراثة أنها تحتوي على جين واحد سائد يتحكم في صفة تحمل المبيد بكلورام.

كذلك أمكن الحصول على نباتات قرن الغزال (*Lotus corniculatus*) bird's - foot trefoil قادرة على تحمل المبيد من سلالات خلايا تم انتخابها من مزارع كالوس، وأظهر التحليل الوراثة أن هذه الصفة ليست بسيطة.

وحُصل أيضاً على عدة نباتات تبغ ونباتات من الهجين النوعي بين الطماطم والنوع البري *Lycopersicon peruvianum* - مقاومة لمبيد الحشائش باراكوات Paraquat - من سلالات خلايا منتخبة من مزارع كالوس نامية في الظلام. وأوضح التحليل الوراثة أن الصفة كانت

سائدة في كلتا الحالتين، لكن لم يُحدد عدد العوامل الوراثية المتحركة فيها (عن Duncan & Widholm ١٩٨٦).

ب - تم تعريض نباتات تبغ أحادية لعوامل مطفرة، ثم رشتها ببعضها بالمبيد bentazon وبعضها الآخر بالمبيد Phenmedipham. أدى الرش إلى إحداث اصفرار عام في الأوراق إلا في مناطق صغيرة ظلت محتفظة بلونها الأخضر. وكانت كل واحدة من هذه «الجزر الخضراء» green islands هي محصلة نمو خلية مطفرة (تحمل صفة تحمل المبيد) في «بحر» من الخلايا الحساسة للمبيد. وقد نقلت خلايا من هذه الجزر الخضراء بعد ذلك إلى مزرعة خلايا؛ لتعزل منها نباتات كاملة قادرة على تحمل المبيد (أحد المبيدين). وتبين أن تحمل أى من المبيدين صفة بسيطة متنحية. وتعرف هذه الطريقة باسم Green Island Tech-nique.

ج - استخدمت تقنية دمج البرتوبلازم لنقل صفة تحمل الترايازين - التي تورث سيتوبلازمياً، وتتوفر في عديد من أنواع الحشائش - إلى الأنواع المحصولية القريبة منها. ويبين جدول (١٢ - ١) مصادر تحمل الترايازين في مختلف الحشائش والأنواع المحصولية التي يمكن نقل تلك الصفة إليها.

ولا يتطلب الأمر - في جميع الحالات المبينة في جدول (١٢ - ١) - أكثر من نقل البلاستيدات الخضراء من نوع الحشائش المتحمل للمبيد إلى النوع المحصولي القريب منه؛ لأن صفة مبيد الترايازين تحمل في البلاستيدات الخضراء. ويفيد تعريض خلايا الحشيشة المقاومة - لأشعة X أو جاما - في منع أنويتها من الانقسام، بينما تبقى بلاستيداتها سليمة. ومن بين المحاصيل التي نجحت فيها هذه الطريقة التبغ والصلبيات (عن Gressel وآخرين ١٩٨٢).

وراثة صفة تحمل مبيدات الحشائش

كانت بداية دراسات تحمل النباتات، أو حساسيتها للمبيدات عندما اكتشف وجود اختلافات بين أصناف الشعير في حساسيتها لمبيد الـ «دي دي تي» DDT، والتي تبين

جدول (١٢ - ١) : أنواع الحشائش القادرة على تحمل التريازين والأنواع المحصولية التي يمكن نقل تلك الصفة إليها.

العائلة	نوع الحشائش	الأنواع المحصولية الهامة القريبة منها
Amranthaceae	٤ أنواع من الجنس <u>Amaranthus</u>	لا يوجد
Caryophyllaceae	<u>Stellaria media</u>	لا يوجد
Chenopodiaceae	<u>Atriplex patulla</u>	بنجر السكر وبنجر المائدة
	٤ أنواع من الجنس <u>Chenopodium</u>	
	<u>Kochia scoparia</u>	
Compositae	<u>Ambrosia artemisiifolia</u>	نوار الشمس - القرطم - الطرطوفة
	<u>Bidens tripartita</u>	
	<u>Erigeron canadensis</u>	
Crucifereae	<u>Senecio vulgaris</u>	
	<u>Brassica campestris</u>	لفت الزيت - اللفت - الكرنبات
Graminae	<u>Bromus tectorum</u>	الحبوب الصغيرة - الأعلاف النجيلية
	<u>Poa annua</u>	- بنجر السكر
Polygonaceae	نوعان من الجنس <u>Polygonum</u>	الحنطة السوداء
Solanaceae	<u>Solanum nigrum</u>	البطاطس - الطماطم - الباذنجان - التبغ

منها أن صفة تحمل المبيد بسيطة وسائدة. وأعقب ذلك اكتشاف اختلافات أخرى بين أصناف الشعير في تحملها للباربان Barban؛ حيث كانت صفة التحمل بسيطة أيضا ولكنها تورث مستقلة عن الصفة الأولى.

وقد اكتشفت بعد ذلك صفة تحمل مبيدات الحشائش في عديد من الأنواع النباتية، نذكر منها ما يلي :

١ - كانت صفة تحمل صنفى سورجم الحبوب: Martin، و Red Kafir (مقابل صفة الحساسية فى الصنفين Caprock، و Pink Kafir) لمبيد الحشائش بروبازين Propazine سائدة، ويتحكم فيها أكثر من جين واحد.

٢ - كانت المقاومة للمبيد فى 2, 4 - D السورجم بسيطة وسائدة.

٣ - كانت الحساسية الشديدة للأترازين - التى وجدت فى إحدى سلالات الذرة - بسيطة ومتنحية، وتبين أن الجين الذى يتحكم فى الصفة يقع على الذراع الطويلة للكروموسوم رقم ٨.

٤ - تبين أن صفة تحمل مبيد الحشائش diclofop - methyl فى الذرة كمية، وقدرت درجة توريتها - على النطاق العريض - بنحو ٩٥٪.

٥ - كانت صفة تحمل الأترازين فى الكتان كمية، وقدرت درجة توريتها بنحو ٣٠٪، كذلك كانت درجة توريت صفة تحمل مبيد الحشائش MCPA فى الكتان منخفضة.

٦ - كانت صفة تحمل المتراپوزين فى فول الصويا بسيطة وسائدة (عن Machado ١٩٨٢).

طبيعة صفة تحمل مبيدات الحشائش

تتحقق صفة التحمل الوارثى لمبيدات الحشائش من خلال عدة مسارات؛ منها ما يلى:

١ - كثرة إنتاج الخلايا لبروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد؛ فلا يؤثر المبيد على كل الكمية المنتجة منها، ويبقى جزء منها يكفى لأداء وظائفه الطبيعية فى النبات، ومن أمثلتها الإنزيمات التى تتأثر بالجليفوسيت Glyphosate.

٢ - حدوث طفرات فى بروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد، تقلل من ارتباط المبيد بها، ومن أمثلتها حالات المقاومة للمبيدات :

٢ - حدوث طفرات في بروتينات معينة من تلك التي تتأثر بالمبيد، تقلل من ارتباط المبيد بها، ومن أمثلتها حالات المقاومة للمبيدات:

glyphosate	asulam
atrazine	sulfonylurea
chlorsulfuron	

٣ - نقل جينات قادرة على إلغاء سمية المبيد (detoxification genes) من البكتيريا إلى النبات بطرق الهندسة الوراثية، مثل حالات المقاومة لكل من:

bilanafos	bromoxynil
phenoxyactic acid	

وفي هذا الصدد.. درس على نطاق واسع نظام الـ glutathione -S- transferase System فيما يتعلق بإنتاج نباتات ذرة - بطريق الهندسة الوراثية - قادرة على تحمل مبيدات الأترازين atrazine ، والميتولاكلور metolachlor والألاكلور alachlor (عن Mullineaux ١٩٩٢).

جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش

بذلت جهود كبيرة لزيادة القدرة على تحمل مبيدات الحشائش في عدد من المحاصيل الزراعية، نذكر من أمثلتها (عن Machado وآخرين ١٩٨٢، و Faulkner ١٩٨٢) ما يلي:

طريقة التربية	مبيد الحشائش	المحصول
-	الأترازين Atrazine	الذرة
-	الأترازين	الكتان
-	البروبازين Propaz	السورجم
-	المتريبوزين Metribuzin	فول الصويا

السيمازين Simazine	لفت الزيت <u>Brassica napus</u>
الترايازين Triazine	
الانتخاب المتكرر وكذلك نقل المقاومة	
من <u>B. campestris</u>	
الانتخاب المتكرر	الأميترول Amitrole
الانتخاب المتكرر	الأميترول
الانتخاب المتكرر	الأميترول
الانتخاب	الترايازين
الانتخاب المتكرر	الأميترول
الانتخاب المتكرر	الباراكوات Paraquat
الانتخاب المتكرر	الجليفوسيت Glyphosate
إحداث الطفرات	الدايفناميد Diphenamide
الانتخاب	الباراكوات
التقييم	الباراكوات
التقييم	الترايازين
إحداث الطفرات	الترايازين
الانتخاب	الترايازين
الانتخاب المتكرر	الترايازين
	الكرنب
	المسترد الأبيض
	White Mustard
الانتخاب المتكرر	2, 4 - D
	قرن الغزال
	Bird's - foot trefoil

ونلقى - فيما يلي - مزيدا من الضوء على بعض حالات التربية لمقاومة مبيدات الحشائش:

١ - فول الصويا:

أمكن نقل صفة القدرة على تحمل مبيد الحشائش متركيبوزين Metribuzin التي يتحكم

فيها جين واحد سائد - إلى صنفى فول الصويا Semmes ، و Tracy M .

٢ - الزون المعمر :

نقلت صفة القدرة على تحمل الباراكوات Paraquat من عشيرة برية من الزوان المعمر Perenial Ryegrass (*Lolium perenne*). وكان الباراكوات قد استعمل كثيراً إلى أن فقد فاعليته في مكافحة حشائش جنس الـ *Lolium* ، وغيرها، قبل بذار النجيليات. وأمكن بالاعتماد على هذا المصدر البري المتحمل للمبيد إنتاج صنف تجارى من الزوان على قدر كافٍ من تحمل الباراكوات، بما يسمح برش مراعيه بتركيزات منخفضة من المبيد؛ الأمر الذى يفيد فى إضعاف الأنواع النباتية الأخرى وزيادة القدرة التنافسية للزوان.

وقد أرجعت صفة تحمل الزوان إلى حدوث تضاعف فى نشاط إنزيم Superoxide dis-mutase وزيادة نشاط إنزيمى الكاتاليز والبيروكسيديز.

٣ - الطماطم :

قيمَ Coyne & Burnside (١٩٦٨) ٥٠٨ من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ لمقاومة مبيد الحشائش 2, 4 - D، ووجدوا ما يلى:

أ - كانت أكثر السلالات قدرة على تحمل المبيد هى: P. I. 129131 ، و P. I. 190858 ، و P. I. 203229 . استعادت هذه السلالات نموها - بشكل جيد - بعد فترة من تعرضها للمبيد.

ب - كان أكثر الأصناف قدرة على تحمل المبيد الصنف Roma، الذى لم يتأثر محصوله إلا قليلاً نتيجة للمعاملة به.

كذلك أجريت دراسات استهدفت التربية لمقاومة مبيد الحشائش متریبوزين Metribuzin، الذى يستخدم فى حقول الطماطم؛ إما قبل الزراعة، وإما بعد الإنبات، ولكن المعاملة الأخيرة تُحدث - أحيانا - أضراراً كبيرة بالطماطم، خاصة فى الجو الملبد بالغيوم. وقد قيمَ Phatak & Jaworski (١٩٨٥) ٢٩٣ صنفاً من الطماطم، و١٩٨٦ سلالة من سبعة أنواع من

الجنس *Lycopersicon*، ووجدوا أن أكثرها قدرة على تحمل المبيد كانت هي سلالتى الطماطم UG 113 MT، و UGA 1160 MT اللتين تحملتا تركيزات بلغت ١٦ ضعف التركيز الموصى به (وهو ١,١٢ كجم/ هكتار) حتى فى الجو الملبد بالغيوم.

وكان Machado وآخرون (١٩٨٢) قد ذكروا أن صنفى الطماطم Vision، و Fireball يتحملان مبيد المتركيبوزين، واستخدماه فى دراسة وراثية مع الصنف الحساس Heinz 1706، استدلا منها على أن القدرة على تحمل المبيد (معبرا عنها بغياب أعراض التسمم، وطول البادرات، ووزنها الجاف) صفة بسيطة سائدة، تتأثر بجينات أخرى محورة، ذات درجة توريث عالية، قدرت على النطاق العريض بنحو ٥٨٪ إلى ٧٢٪.

٤ - البطاطس:

وجد De Jong (١٩٨٣) أن الحساسية لمبيد الحشائش متركيبوزين Metribuzin - فى الطرز الثنائية - يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز me. وقد أوضح الباحث أهمية استخدام هذا الجين كجين معلم Marker gene فى الدراسات الوارثية.

٥ - الفلفل :

يتوفر مدى واسع من القدرة على تحمل مبيد الحشائش بنتازون bentazon بين أصناف الفلفل. وكان قد اكتشف مستوى عالٍ من القدرة على تحمل المبيد فى الصنف Bohemian Chili، الذى صُنِفَ على أساس أنه يتبع النوع *C. chinense*، ولكن يعتقد أنه يتبع النوع *C. annuum*، ثم اكتشف مستوى مماثل من القدرة على تحمل المبيد فى صنف الفلفل Santaka، وفى ثلاث سلالات؛ هي: P. I. 127445، و P. I. 163187، و P. I. 246123.

وقد أوضحت الدراسات الوارثية أن مقاومة الصنف الأخير يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Bzt؛ نسبة إلى صفة تحمل البنتازون Bentazon tolerance (Fery & Harri-son ١٩٩٠)، مع وجود بعض الجينات المحورة (Wolff وآخرون ١٩٩٢).

٦ - الخيار:

اكتشفت القدرة على تحمل مبيد الحشائش كلورامبين Chloramben في بعض سلالات الخيار. وأوضح Miller وآخرون (١٩٧٣) أن جينات المقاومة للمبيد - في سلالتين من الخيار - تراوحت من ١ - ٥ جينات؛ تبعاً لطريقة التقييم التي اتبعتها، وطريقة تقدير عدد الجينات. وكان تفاعل الجينات إضافياً أساساً، مع سيادة جزئية للقدرة على تحمل المبيد، وظهر واضحاً أن الجينات المسؤولة عن تحمل المبيد تختلف في السلالتين، ويدل على ذلك اختلاف درجة توريث الصفة في السلالتين، وظهور انعزال فائق الحدود عند تهجينهما معاً. وقد تراوحت درجة التوريث على النطاق العريض من ٠,٤٩ - ٠,٩٣، وعلى النطاق الضيق في ٠,٣٦ - ٠,٨٧.

وفي دراسة تالية، قيم Staub & Crubaugh (١٩٨٩) ٧٥٣ سلالة من الخيار للقدرة على تحمل نفس المبيد، ووجدوا أن تسع سلالات منها كانت أكثر من غيرها تحملاً للمبيد.

٧ - الكوسة:

توصل Adenniji & Coyne (١٩٨١) - من دراستهما على تحمل مبيد الحشائش تريفلورالين Trifluralin - إلى أن الصفة المقاومة يتحكم فيها جين واحد سائد أعطاه الرمز T، وأن فعل هذا الجين يثبط بفعل جين آخر هو I - T.

٨ - الصليبيات:

نقلت صفة تحمل الترايازين Triazine من حشيشة تابعة للنوع *Brassica campestris* إلى *B. napus* الذي يتبعه كل من لفت الزيت والروتاباجا. وكانت صفة تحمل المبيد قد وجدت - في *B. campestris* - في حقل من الذرة سبقت معاملته كثيراً بالترازين. تورث هذه الصفة سيتوبلازمياً، وقد تم نقلها إلى *B. napus* بطريق التهجين الرجعي مع الانتخاب في وجود الترايازين (عن Gressel وآخرين ١٩٨٢).

كما وجدت اختلافات في تحمل السيمازين بين أصناف *B. napus*، وتبين أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات تحمل على الكروموسومات، ولكن أكثر السلالات تحملاً لهذا المبيد كانت أكثر حساسية من الأصناف الكندية Triton، و Triumph التي تحمل جينات سيتوبلازمية لصفة التحمل. وترجع خاصية تحمل المبيد في الصنفين الأخيرين إلى وجود تغيرات في أغشية البلاستيدات الخضراء التي يرتبط بها - طبيعياً - الترايازين؛ ومن ثم يؤثر في عملية البناء الضوئي.

ولا تنتشر زراعة الأصناف التي تتحمل السيمازين - كثيراً - بسبب انخفاض محصولها؛ ربما لتسبب تغيرات أغشية البلاستيدات الخضراء في نقص معدل البناء الضوئي.

وقد وجد McGuire & Thurling (١٩٩٢) اختلافات كبيرة في تحمل السيمازين في عشيرة لتلقيح مركب من *B. campestris*. وأمكن انتخاب سلالات ذات قدرة أكبر على تحمل السيمازين عن عشائر *B. campestris* التي تحمل المقاومة السيتوبلازمية للمبيد.

٩ - البنجر:

يستعمل مبيد بيرازون Pyrazon (وهو: 3 (2H) - phenyl - 2 - amino - 4 chloro - 5 Pyridazione) في حقول بنجر المائدة. تمتص النباتات هذا المبيد، ولكنه يتحد مع الجلوكوز - في الجذور الحمراء - ليتحول إلى مركب آخر غير سام للنبات؛ هو: N-glucosyl pyrazon. وقد أوضحت دراسات Stephenson وآخرين (١٩٧١) أن هذا التحول الكيميائي لا يتم في ثمانية أنواع نباتية حساسة للمبيد. كما تبين - لدى دراسة تسعة أصناف من البنجر - أن التحول يتم بمعدل ٤٤ - ٧٦٪ خلال ظرف ١٠ ساعات من معاملة أجزاء ورقية بالمبيد، وأن العلاقة كانت مباشرة بين معدل التحسن الكيميائي للمبيد وحساسية الصنف له.

١٠ - البصل:

وجد Hiller & Weigle (١٩٧٠) اختلافات بين سلالات البصل في قدرتها على تحمل مبيد الحشائش isopropyl N (3-chlorophenyl) carbamate (اختصاراً: CIPC)، وكانت أكثر السلالات مقاومة هي المتحصل عليها من صنف البصل Iowa Yellow Globe.

استخدامات الهندسة الوراثية في التربية لتحمل مبيدات الحشائش

يمكن أن تؤثر مبيدات الحشائش في النباتات من خلال تأثيرها في البلاستيدات الخضراء، أو الميتوكوندريات، أو أيض الأحماض النووية، أو تمثيل البروتين، أو خصائص الأغشية الخلوية... إلخ. ويتطلب إنتاج نباتات تتحمل مبيدات الحشائش - بطريق الهندسة الوراثية - الإلمام بالأساس الجزيئي لكيفية إحداث هذه المبيدات لتأثيراتها.

ونجد في أعداد كبيرة من المبيدات الفعالة أن المبيد يؤثر على خطوة إنزيمية واحدة - من مسار حيوي معين - تلعب دوراً أساسياً في أيض الخلية. فمثلاً.. نجد كلا من مبيد الحشائش Glean ، و Oust يؤثران في فعل الإنزيم acetolactate synthase، أول الإنزيمات الخاصة بمسار تمثيل الأحماض الأمينية المتشعبة: isoleucine و valine.

وعندما تعرف الخطوة الحيوية التي يؤثر فيها مبيد الحشائش.. فإن العمل على إنتاج نباتات مقاومة لهذا المبيد - بطرق الهندسة الوراثية - يمكن أن يتقدم بعد ذلك. ومن الحالات التي حدث فيها تقدم في هذا المجال ما يلي:

١ - تحمل الجلايفوسيت Glyphosate

يعد الجلايفوسيت المادة الفعالة في المبيدين Roundup، و Tumbleweed المؤثرين في عدد كبير من النباتات. وتتميز هذه المادة الفعالة كذلك بسرعة امتصاص النباتات لها وبأنها مقبولة بيئياً، وسريعة التحلل بواسطة كائنات التربة الدقيقة. وتتخصص هذه المادة في التأثير على إنزيم EPSP Synthase (3 - phosphate - enol - pyruvylshikimate - 5)، وهو إنزيم رئيسي في الـ Shikimate pathway؛ حيث يلعب دوره في تمثيل الأحماض الأمينية الأروماتية، ويكون نشاطه - أساساً - في البلاستيدات الخضراء.

وفي بداية محاولات هندسة نباتات مقاومة للجلايفوسيت.. أمكن عزل سلالة خلايا من البيتونيا *Petunia hybrida* قادرة على تحمل هذا المركب، وتبين أنها تحتوى على كميات كبيرة من الإنزيم EPSP؛ بحيث ظهر تأثيره وأحدث مفعوله حتى في وجود الجلايفوسيت. وتلا ذلك

عزل الـ DNA المسئول عن تمثيل الإنزيم، ثم نقله إلى نباتات بيتونيا بطرق الهندسة الوراثية.

وفى محاولة أخرى أمكن عزل الجين المسئول عن تمثيل الإنزيم EPSP من *Salmonella typhimurium* المقاومة للجلايفوسيت، ثم نقله - بطرق الهندسة الوراثية - إلى نباتات التبغ، والطماطم، والحبور، وكانت النباتات الناتجة قادرة على تحمل تركيزات من الجلايفوسيت بلغت ٨٤، كجم/ هكتار.

٢ - تحمل الفوسفينوثريسين Phosphinothricin (اختصاراً PPT):

يعد الـ PPT المادة الفعالة لمبيد الحشائش Basta، و Herbiace، وهو يثبط إنزيم glutamine synthase (اختصاراً GS)، الذى يلعب دوراً هاماً فى تمثيل الأمونيا. وقد أمكن عزل سلالة خلايا برسيم حجازى قادرة على تحمل الـ PPT، وتبين أنها تحتوى على كميات كبيرة من الإنزيم GS؛ وبذا.. تبين أن إنتاج كميات كبيرة من هذا الإنزيم فى الخلايا النباتية يفيد فى تحمل المبيد (Walden ١٩٨٨).

تحمل الحشائش للمبيدات

تتوفر صفة تحمل الحشائش للمبيدات فى كل من العشائر الطبيعية، وعشائر الحشائش التى تعرضت كثيراً لمبيد معين أو مبيدات معينة. وبينما تكون صفة التحمل فى الحالة الأولى (فى العشائر الطبيعية) من الخصائص الطبيعية للنوع النباتى، فإن الصفة فى الحالة الثانية تظهر كطفرة تجد فرصتها للبقاء والتكاثر فى غياب المنافسة من بقية العشيرة فى ظروف المعاملة الدائمة بالمبيد. وتفيد دراسة صفة التحمل هذه فى تربية أصناف محصولية أكثر تحملاً للمبيد، وربما فى نقل تلك الصفة - بطرق الهندسة الوراثية - إلى الأنواع المحصولية الهامة.

ومن بين حالات تحمل الحشائش للمبيدات التى تمت دراستها.. نذكر ما يلى:

١ - وجد أن صفة تحمل Hordeum jubatum لمبيد siduron يتحكم فيها ثلاثة جينات سائدة.

٢ - وكانت صفة تحمل Avena fatua لمبيد diallate كمية.

٣ - اكتشفت سلالات قادرة على تحمل الترايازين من: Senecio vulgaris ، و Amaranthus spp. ، و Chenopodium ، و Ambrosia artemisiifolia ، و Brassica campestris ، و Solanum nigrum . وبخلاف تحمل النباتات المحسولة للترايازين.. فإن تحمل هذه الحشائش للمبيد كانت بسبب تغير في الـ Hill reaction في البلاستيدات الخضراء (عن Machado ١٩٨٢).

مصادر الكتاب

إلياس، زكى عبد، ومحفوظ عبد القادر محمد (١٩٨٥). أساسيات تربية المحاصيل الحقلية والبستانية. جامعة الموصل، وزارة التعليم العالى والبحث العلمى، الجمهورية العراقية - ٢٧٧ صفحة.

جاتيك، جوليوس (١٩٨٥). علم البساتين. ترجمة جميل فهم سوريال وآخرين. الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٦٥٩ صفحة.

الحمادى، مصطفى (١٩٧٣). تحسين أصناف الفاكهة فى مصر. الندوة العلمية الثانية، جمعية فلاحين البساتين المصرية - ٤ من أبريل ١٩٧٣ - القاهرة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨). أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات). الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٩٢٠ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨). الطماطم. الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٣٣١ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٩٣). تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات. الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٣٨٢ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٩٣ أ). إنتاج خضر المواسم الدافئة والحارة فى الأراضى الصحراوية. الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٢٨٧ صفحة.

Abdul-Baki, A. A. and A. Stoner. 1978. Germination promoter and inhibitor in leachates from tomato seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 684 - 686.

Adeniji, A. A. and D. P. Coyne. 1981. Inheritance of resistance to trifluralin toxicity in Cucurbita moschata Poir. HortScience 16 : 774 - 775.

Ahmadi, H., R. S. Bringham, and V. Voith. 1990. Modes of inheritance of photoperiodism in Fragaria. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 146 - 152.

Anastasio, G., P. Pellicer, M. S. Catala, J. Costa, G. Palomares, and F. Nuez. 1988. A survey of wild Lycopersicon species for salt tolerance based on growth parameters. Tomato Genet. Coop. Rep. 38 : 5 - 7.

Anastasio, G., G. Palomares, F. Nuez, M. S. Castala, and J. Costa. 1988. Salinity responses among wild cucurbits. Cucurbit Genet. Coop. Rep. 11: 91 - 92.

Ashraf, M., T. McNeilly, and A. D. Bradshaw. 1986. Heritability of NaCl tolerance at the seedling stage in seven grass species. Euphytica 35 : 935 - 940.

Austin, R. B. 1989. Prospects for improving crop production in stressful environments. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 235 - 248. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Asian Vegetable Research and Development Center. 1976. Progress Report for 1976. Shan-hua, Taiwan. 55 p.

Austin, R. B. and M. S. MacLean. 1972. A method for screening Phaseolus genotypes for tolerance to low temperatures. J. Hort. Sci. 47 : 279 - 290.

Baggett, J. R. and W. A. Frazier. 1982. Oregon 11 : Early parthenocarpic tomato breeding line. HortScience 17 : 984 - 985.

Barrios, E. P. and H. I. Moskar. 1972. the inheritance of pod color and bearing habit in Capsicum frutescens L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 65 - 66.

Berry, S. Z. 1969. Germinating response of the tomato at high temperature. HortScience 4 : 218 - 219.

Bhagsari, A. S. 1990. Photosynthetic evaluation of sweetpotato germplasm. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 634 - 639.

Bhagsari, A. S. and D. A. Ashley. 1990. Relationship of photosynthesis and harvest index to sweet potato yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 288 - 293.

Bleasdale, J. K. A. 1973. Plant physiology in relation to horticulture. The MacMillan Pr., Ltd., London. 144 p.

Bliss, F. A. 1981. Utilization of vegetable germplasm. HortScience 16 : 129 - 132.

Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 197 - 215. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Bolarin, M.C., F.G. Fernandez. V. Cruz, and J. Cuartero. 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative - yield salinity response curves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 286 - 290.

Boswell, V. R. 1937. Improvement and genetics of tomatoes, pepper, and eggplant. In United States Department of Agriculture "1937 Yearbook of Agriculture: Better Plants and Animals II"; pp. 176 - 206. Washington, D. C.

Bouharmont, J. 1990. Improvement of salt tolerance in plants by in vitro selection at the cellular level. In United Arab Emirates University "International Conference on High Salinity - Tolerant Plants in Arid Regions: Preliminary Report". U. A. E. University, Al-Ain, U. A. E.

Bourgeois, P., G. Guerrier, and D. G. Strullu. 1987. Adaptation of Lycopersicon esculentum to NaCl: a comparative study of cultures of callus or stem tips. Canad. J. Bot. 65 : 1989 - 1997.

Bowen, H. H. 1971. Breeding peaches for warm climates. HortScience 6: 153 - 157.

Bressan, R. A., L. Le Cureux, L. G. Wilson, P. Filner, and L. R. Baker. 1981. Inheritance of resistance to sulfur dioxide in cucumber. HortScience 16 : 332 - 333.

Brown, J. C. 1967. Genetic variants of factors affecting the nutrition and physiology of plants. In Proceedings of International Atomic Energy Agency "Isotopes in Plant Nutrition and Physiology"; p. 413 - 420. Vienna.

Brown, J. C. and W. E. Jones. 1971. Differential transport of boron in tomato (Lycopersicon esculentum Mill). Physiologia Plantarum 25 : 279 - 282. (Cited after Hort. Abstr. 42 : 4062; 1972).

Brown, J. C., R. L. Cheney, and J. E. Ambler. 1972. A new tomato mutant inefficient in the transport of iron. Physiologia Plantarum 25 : 48 - 53. (Cited after Plant Breed. Abstr. 42 : 1516; 1972).

Cannon, O. S., D. M. Gatherum, and W. G. Miles. 1973. Heritability of low temperature seed germination in tomato. HortScience 8 : 404 - 405.

Chandler, R. F., Jr. 1983. The potential for breeding heat tolerant vegetables for the tropics. Asian Vegetable Research and Development Center, 10th Anniversary Monograph Series. Shanhua, Taiwan, Republic of China.

Christiansen, M. N. 1979. Physiological basis for resistance to chilling. HortScience 14 : 583 - 586.

Christiansen, M. N. and C. F. Lewis (Eds). 1982. Breeding plants for less favorable environments. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 459 p.

Clarke, J. M. and T. F. Townley - Smith. 1984. Screening and selection techniques for improving drought resistance. In P. B. Vose and S. G. Blixt (Eds) "Crop Breeding: a Contemporary Basis"; pp. 137 - 162. Pergamon Pr., N. Y.

Collins, W. W., G. Wilson, S. Arrendell, and L. F. Dickey. 1987. Genotype x environment interactions in sweet potato yield and quality factors. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 579 - 583.

Coltman, R. R. 1987. Tolerance of tomato strains to phosphorus deficiency in root culture. HortScience 22 : 1305 - 1307.

Coltman, R. R., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1985. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 : 140 - 144.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Seed germination of seven pepper cultivars at constant or alternating high temperatures. J. Hort. Sci. 64 : 705 - 710.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Germination of eleven tomato phenotypes at constant or alternating high temperatures. HortScience 24 : 927 - 930.

Costa, J., M. A. Sanchis, G. Palomares, and F. Nuez. 1989. Interspecific variability in the Lycopersicon genus in relation to salinity tolerance. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 39 : 8 - 9.

Coyne, D. P. 1968. Correlation, heritability, and selection of yield components in field beans, Phaseolus vulgaris L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93 : 388 - 396.

Coyne, D. P. 1970. Genetic control of a photoperiod - temperature response for time of flowering in beans (Phaseolus vulgaris L.). Crop Sci. 10: 246 - 248.

Coyne, D. P. 1978. Genetics of flowering in dry beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 606 - 608.

Coyne, D. P. 1980. Modification of plant architecture and crop yield by breeding. Hort-Science 15 : 244 - 247.

Coyne, D. P. and O. C. Burnside. 1968. Differential plant injury and yield response of tomato varieties to 2, 4 - D. Res.Bul. Univ. Neb. Coll. Agric. 226. 21 p.

Coyne, D. P., S. S. Korban, D. Knudsen, and R. B. Clark. 1982. Inheritance of iron deficiency in crosses of dry beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Plant Nutrition 5 : 575 - 585.

Cuartero, J. and J. I. Cubero. 1982. Phenotypic, genotypic and environmental correlation in tomato (Lycopersicon esculentum). Euphytica 31 : 151 - 159.

Curme, J. H. 1962. Effect of low night temperatures on tomato fruit set. In Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium"; pp. 99 - 108. Camden, N. J.

Dehan, K. and M. Tal. 1978. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of Solanum pennellii to high salinity. Irrigation Science 1 : 71 - 76.

De Jong, H. 1983. Inheritance of sensitivity to the herbicide Metribuzin in cultivated diploid potatoes. Euphytica 32 : 41 - 48.

Delaney, D. E. and R. L. Lower. 1987. Generation means analysis of plant characters in crosses between two determinate cucumber lines and Cucumis sativus var. hardwickii. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 707 - 711.

Denna, D. W. 1970. Leaf wax and transpiration in Brassica oleracea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 30 - 32.

Devine, T. E. 1982. Genetic fitting of crops to problem soils. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds) "Breeding Plants for Less Favorable Environments"; pp. 143 - 173. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

De Vos, D. A., R. R. Hill, Jr., R. W. Helper, and D. L. Garwood. 1981. Inheritance of low temperature sprouting ability in F₁ tomato cross. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 352 - 355.

Dickson, M. H. 1969. The inheritance of seed coat rupture in snap beans Phaseolus vulgaris L. Euphytica 18 : 110 - 115.

Dickson, M. H. 1980. Genetic aspects of seed quality. HortScience 15 : 771 - 774.

Dickson, M. H. and M. A. Boettger. 1977. Inheritance of resistance to mechanical damage and transverse cotyledon cracking in snap beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 498 - 501.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1987. Inheritance of low temperature tolerance in beans at several growth stages. HortScience 22 : 481 - 483.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1988. Heat tolerance and pod set in beans. (Abstr.). Hort-Science 23 : 771.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1989. Heat tolerance and pod set in green beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 833 - 836.

Dickson, M. H. and J. R. Stamer. 1970. Breeding cabbage for high dry matter and soluble solids. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 720 - 723.

Dix, P. J. 1980. Environmental stress resistance: selection in plant cell cultures. In F. Sala, B. Parisi, R. Cella, and O. Ciferri (Eds) "Plant Cell Cultures: Results and Perspectives"; pp. 183 - 186. Elsevier, Amsterdam.

Doolittle, S. P., A. L. Taylor, and L. L. Danielson. 1961. Tomato diseases and their control. U. S. Dept. Agr., Agr. Handbook 203. 86 p.

Duke, J. 1982. Plant germplasm resources for breeding of crops adapted to marginal environments. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds) "Breeding Plants for Less Favorable Environments"; pp. 391 - 433. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Duncan, D. R. and J. Widholm. 1986. Cell selection for crop improvement. Plant Breed. Rev. 4 : 153 - 173.

Dwelle, R. B. 1985. Photosynthesis and photoassimilate partitioning. In P. H. Li (Ed.) "Potato Physiology"; pp. 35 - 58. Academic Pr., N. Y.

Eisinger, B. A. and K. J. Bradford. 1986. Role of seed mineral content in the occurrence of transverse cotyledon cracking of snap bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 110 - 114.

Ekanayake, I. J. and D. J. Midmore. 1992. Genotypic variation for root pulling resistance in potato and its relationship with yield under water-deficit stress. Euphytica 61 : 43 - 53.

El-Ahmadi, A. B. and M. A. Stevens. 1979. Genetics of high-temperature fruit set in the tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 691 - 696.

El-Beltagy, A. S. and M. A. Hall. 1979. Basic elements for possible new technique to screen for plants relatively tolerant to water stress. Egypt. J. Hort. 6 : 261 - 267.

El-Beltagy, A. S., M. M. Khalifa, and M. H. Hall. 1979. Salinity in relation to ethylene. Egypt. J. Hort. 6 : 269 - 271.

El-Sacid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988. The possibility of using ethryl to identify plants relatively tolerant to salinity. I. Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Egypt. J. Hort. 15 : 71 - 84.

El-Sacid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988. The possibility of using ethrel to identify plants relatively tolerant to salinity. II. Cowpea (*Vigna sinensis* L.). Egypt. J. Hort. 15 : 159 - 170.

English, J. E. and D. N. Maynard. 1981. Calcium efficiency among tomato strains. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 552 - 557.

Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants : principles and prespectives. Wiley, N. Y. 412 p.

Epstein, E. and J. D. Norlyn. 1977. Seawater - based crop production: a feasibility study. Science 197 : 249 - 251.

Epstein, E., R. W. Kingsbury, J. D. Norlyn, and D. W. Rush. 1979. Production of food crops and other biomass by seawater culture. In A. Hollaender (Ed.) "The Biosaline Concept"; pp. 77 - 99. Plenum Pub. Corp., N. Y.

Epstein, E., J.D. Norlyn, D. W. Rush, R. W. Kingsbury, D. B. Kelley, G. A. Cunningham, and A. F. Wrona. 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. Science 210 : 399 - 404.

Estilai, A. and A. Hashemi. 1993. A four-carpeled fruit mutant in jojoba. HortScience 28 : 738 - 739.

Estilai, A., H. H. Naqvi, and J. G. Waines. 1988. Developing guayule as a domestic rubber crop. Calif. Agr. 42 (5) : 29 - 30.

Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Sci. Pub., Oxford. 734 p.

Fangmeier, D. D., D. D. Rubis, B. B. Taylor, and K. E. Foster. 1984. Guayule for rubber production in Arizona. Univ. of Ariz., College of Agr., Agr. Exp. Sta., Tech. Bul. No. 252. 14 p.

Faulkner, J. S. 1982. Breeding herbicide - tolerant crop cultivars by conventional methods. In H. M. LeBaron and J. Gressel (Eds) "Herbicide Resistance in Plants"; pp. 235 - 256. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Fawole, I., W. H. Gabelman, G. C. Gerloff, and E. V. Nordheim. 1982. Heritability of efficiency in phosphorus utilization in beans (Phaseolus vulgaris L.) grown under phosphorus stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 94 - 97.

Fery, R. L. and H. F. Harrison, Jr. 1990. Inheritance and assessment of Bentazon herbicide tolerance in 'Santaka' pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 854 - 857.

Fidgore, S. S., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1989. Inheritance of potassium efficiency, sodium substitution capacity, and sodium accumulation in tomatoes grown under low-potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 332 - 327.

Fillippone, E. 1985. In vitro growth and differentiation of tomato (Lycopersicon esculentum) tissue on high level of NaCl (Abstr.). Genetica Agraria 39 : 323.

Foy, C. D., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1973. Differential effects of aluminum on the vegetative growth of tomato cultivars in acid soil and nutrient solution. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 427 - 432.

Frey, K. J. 1981. Capabilities and limitations of conventional plant breeding. In K. O. Raichie and J. M. Lyman (Eds) "Genetic Engineering for Crop Improvement"; pp. 15 - 62. The Rockefeller Foundation.

Gabelman, W. H., G. C. Gerloff, T. Schettini, and R. Colman. 1986. Genetic variability in root systems associated with nutrient acquisition and use. HortScience 21 : 971 - 973.

Gentile, A. G., W. A. Fader, R. E. Young, and Z. Santner. 1971. Susceptibility of Lycopersicon spp. to ozone injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 : 94 - 96.

George, W. L., Jr. 1970. Genetic and environmental modification of determinate plant habit in cucumbers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 583 - 586.

George, W. L. 1971. Influence of genetic background on sex conversion by 2-chloroethylphosphonic acid in monoecious cucumbers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 : 152 - 154.

Giles, K. L. 1980. Nitrogen fixation and plant tissue culture. In I. K. Vasil (Ed.) "Perspective in Plant Cell and Tissue Culture"; pp. 81 - 99. Academic Pr., N. Y.

Giordano, L. de B., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1982. Inheritance of differences in calcium utilization by tomatoes under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 664 - 669.

Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding. In M. J. Bassett (Ed.) "Breeding Vegetable Crops"; pp. 67 - 134. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Gressel, J., G. Ezra, and S. M. Jain. 1982. Genetic and chemical manipulation of crops to confer tolerance to chemicals. In J. S. McLaren (Ed.) "Chemical Manipulation of Crop Growth and Development"; pp. 79 - 91. Butterworth Scientific, London.

Hanna, H. Y. and T. P. Hernandez. 1982. Response of six tomato genotypes under summer and spring weather conditions in Louisiana. HortScience 17 : 758 - 759.

Hanna, H. Y., T. P. Hernandez, and K. L. Koonce. 1982. Combining ability for fruit set, flower drop, and underdeveloped ovaries in some heat-tolerant tomatoes. HortScience 17 : 760 - 761.

Hansche, P. E. and W. Beres. 1980. Genetic remodeling of fruit and nut trees to facilitate cultivar improvement. HortScience 15 : 710 - 715.

Harris, R. E. 1975a. Sub-Arctic Maxi: a large-fruited subarctic - type tomato. Canad. J. Plant Sci. 55 : 853.

Harris, R. E. 1975b. Sub-Arctic Cherry: a subarctic-type tomato. Canad. J. Plant Sci. 55 : 855.

Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, S. Handa and A. K. Handa. 1984. Cellular mechanisms of tolerance to water stress. HortScience 19 : 371 - 377.

Hashim, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988. Salt tolerance in Lycopersicon esculentum. I. The effect of salinity on growth. Egypt. J. Hort. 15 : 85 - 96.

Hashin, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988a. Salt tolerance in Lycopersicon esculentum. II. Ion accumulation patterns. Egypt. J. Hort. 15 : 97 - 106.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1982. Tomato evaluation and selection for sodium chloride tolerance. Egypt. J. Hort. 9 : 153 - 162.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1986. Salinity tolerance in tomato: Evaluation methods and use of wild Lycopersicon species in breeding and in genetic studies. Egypt. J. Hort. 13 : 159 - 170.

Hassan, A. A., M. M. Marghany, and W. L. Sims. 1987. Genetics and physiology of parthenocarp in tomato. Acta Hort. 200 : 173 - 183.

Hassan, A. A., M. A. Al-Afifi, K. Matsuda, A. Koto, and S. Itani. 1989. Sources of salinity tolerance in Lycopersicon species. Bul. Fac. Agr., Univ. Cairo 40 : 605 - 622.

Hedley, C. L. and M. J. Ambrose. 1981. Designing "leafless" plants for improving yields of the dried pea crop. Adv. Agron. 34 : 225 - 272.

Heggstad, H. E. and W. W. Heck. 1971. Nature, extent, and variation of plant response to air pollutants. *Adv. Agron.* 23 : 111 - 145.

Hiller, L. K. and J. L. Weigle. 1970. Differential tolerance of several inbreds of onion *Allium cepa* L. to certain herbicides. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95 : 105 - 107.

Ho, L. C. and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. *In* J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 201 - 239. Chapman and Hall, London.

Hochmuth, G. J. 1984. Variation in calcium efficiency among strains of cauliflower. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 : 667 - 672.

Hochmuth, G. J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1985. A gene affecting tomato root morphology. *HortScience* 20 : 1099 - 1101.

Howard, H. W. 1969. Genetics of the potato, *Solanum tuberosum*. Logos Pr. Limited, London. 126 p.

Hughes, S. G., J. A. Bryant, and N. Smirnoff. 1989. Molecular biology: application to studies of stress tolerance. *In* H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 131 - 155. Cambridge Univ. Pr.

Ibrahim, M. A. M. 1984. Genetic and physiological studies on heat and cold tolerance in tomatoes. Ph. D. thesis, Cairo Univ. 118 p.

Iezzoni, A. F., C. B. Peterson, and G. E. Tolla. Genetic analysis of two perfect-flowered mutants in cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 : 678 - 681.

Jain, R. K., S. Jain, H. S. Nainawatte, and J. B. Chowdhury. 1990. Salt-tolerance in *Brassica juncea* L. I. *In vitro* selection, agronomic evaluation and genetic stability. *Euphytica* 48 : 141 - 152.

Jain, S., H. S. Nainawatte, R. K. Jain, and J. B. Chowdhury. 1993. Salt-tolerance in *Brassica juncea*. II. Salt-stress induced changes in polypeptide pattern of *in vitro* selected Na Cl-tolerant plants. *Euphytica* 65 : 107 - 112.

Jarret, R. L. and W. J. Florkowski. 1990. *In vitro* vs field genebank maintenance of sweet potato germplasm: major costs and considerations. *HortScience* 25 : 141 - 146.

Jones, R. G. W. 1981. Salt tolerance. *In* C. B. Johnson (Ed). "Physiological Processes Limiting Plant Productivity"; pp. 271 - 292. Butterworths, London.

Jones, A. 1986. Sweet potato heritability estimates and their use in breeding. *HortScience* 21 : 14 - 17.

Jones, R. W., Jr., L. M. Pike and L. F. Yourman. 1989. Salinity influences cucumber growth and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 : 547 - 551.

- Kaloo. 1988. Vegetable breeding. Vol. III. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida. 174 p.
- Kamps, T. L., T. G. Isleib, R. C. Herner, and K. C. Sink. 1987. Evaluation of techniques to measure chilling injury in tomato. HortScience 22 : 1309 - 1312.
- Kaname, T., T. Itagi, and M. Mochizuki. 1969. Experiments on controlling fruit malformation in tomatoes. II. The effect of sunshine before and after flowering on the occurrence of hollow fruits (In Japanese). Kanagawa Hort. Exp. Sta., No. 17, pp. 52 - 57. (Cited from Hort. Abstr. 41 : 1500; 1971).
- Kartz, A. and M. Tal. 1980. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: proline accumulation in callus tissue of Lycopersicon esculentum and L. peruvianum. Z. Pflanzenphysiol. Bd. 429 - 435.
- Kauffman, C. S. and R. L. Lower. 1976. Inheritance of an extreme dwarf plant type in the cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 150 - 151.
- Kean, D. and J. R. Baggett. 1986. The inheritance of parthenocarpy in Oregon T 5 - 4 tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 596 - 599.
- Kemp, G. A. 1968. Low-temperature growth responses of the tomato. Canad. J. Plant Sci. 48 : 281 - 286.
- Khalil, R. M. H. 1974. Genetical and physiological studies on some pepper varieties. M. S. thesis, Ain Shams Univ. 87 p.
- Knight, R. J. 1971. Breeding for cold hardiness in subtropical fruits. Hortscience 6 : 157 - 160.
- Kooistra, E. 1971. Germinability of beans (Phaseolus vulgaris L.) at low temperatures. Euphytica 20 : 208 - 213.
- Krurup, A. and D. W. Davais. 1970. Inheritance of seed yield and its components in a six-parent diallel cross in peas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 795 - 797.
- Kuo, C. G. and B. W. Chen. 1980. Physiological responses of tomato cultivars to flooding. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 751 - 755.
- Kuo, C. G., B. W. Chen, M. M. Chou, C. L. Tsai, and T. S. Tsay. 1979. Tomato fruit set at high temperatures. In Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato"; pp. 94 - 108. Shanhuwa, Taiwan.
- Kuo, C. G., J. S. Tsay, B. W. Chen, and P. Y. Lin. 1982. Screening for flooding tolerance in the genus Lycopersicon. HortScience 17 : 76 - 78.
- Kuo, C. G., B. J. Shen, H. M. Chen, H. C. Chen, and R. T. Opena. 1988. Association between heat tolerance, water consumption, and morphological characters in the chinese cabbage. Euphytica 39 : 65 - 73.

Kupper, R. S. and J. E. Staub. 1988. Combining ability between lines of Cucumis sativus L. and Cucumis sativus var. hardwickii (R.) Alef. Euphytica 38 : 197 - 210.

Lapins, K. O. 1976. Inheritance of compact growth type in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 133 - 135.

Leopold, A. C. and P. E. Kriedmann. 1975 (2nd ed.). Plant growth and development. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 545 p.

Levy, A., H. D. Rabinowitch, and N. Kedar. 1978. Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. Euphytica 27 : 211 - 218.

Lewis, C. F. and M. N. Christiansen. 1981. Breeding plants for stress environments. In K. J. Frey (Ed.) "Plant Breeding II": pp. 151 - 177. The Iowa State Univ. Pr., Ames.

Li, P. H. and A. Fennell. 1985. Potato frost hardiness. In P. H. Li (Ed.) "Potato Physiology": pp. 457 - 479. Academic Pr., N. Y.

Li, Y.-M. and W. H. Gabelman. 1990. Inheritance of calcium use efficiency in tomatoes grown under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 835 - 838.

Li, P. H. and A. Sakai (Eds). 1978. Plant cold hardiness and freezing stress: mechanisms and crop implications. Academic Pr., N. Y. 416 p.

Lin, S. S. - M. 1982. The genetics and physiology of parthenocarp in Lycopersicon esculentum Mill. (tomato). Diss. Abstr. International, B 42 (9) 3514B. (Cited from Plant Breed. Abstr. 52 : 7999; 1982).

Lin, S., W. L. George, and W. E. Splittstoesser. 1984. Expression and inheritance of parthenocarp in "Severianin" tomato. J. Hered. 75 : 62 - 66.

Machado, V. S. 1982. Inheritance and breeding potential of triazine tolerance and resistance in plants. In H. M. LeBaron and J. Gressel (Eds) "Herbicide Resistance in Plants"; pp. 257 - 273. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Machado, V. S., S. C. Phatak and I. L. Nonnecke. 1982. Inheritance of tolerance of the tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) to metribuzin herbicide. Euphytica 31 : 129 - 138.

Mahmoud, M. H., A. S. El-Beltagy, R. M. Helal, and M. A. Maksoud. 1986. Tomato variety evaluation and selection for salt tolerance. Acta Hort. 190 : 559 - 566.

Mahmoud, M. H., R. A. Jones, and A. S. El-Beltagy. 1986. comparative responses to high salinity between salt sensitive and salt-tolerant genotypes of tomato. Acta Hort. 190 : 533 - 543.

Maisonneuve, B. and J. Philouze. 1982. Effect of low night temperatures on a varietal collection of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). II. Study of pollen quantity and quality. Agronomic 2 : 453 - 458.

Maisonneuve, B., N. G. Hogenboom, and A. P. M. Den Nijs. 1986. Pollen selection in breeding tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) for adaptation to low temperature. Euphytica 35 : 983 - 992.

Makmur, A., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1978. Physiology and inheritance of efficiency in potassium utilization in tomatoes grown under potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 545 - 549.

Maksoud, M. A., A. A. Hassan, and R. Khalil. 1977. Inheritance of fruit weight, size, and dimensions in pepper, Capsicum annuum L. Zagazig J. Agr. Res. 4 : 53 - 63.

Malash, N. M. A. 1979. Physiological studies on yield and fruit quality of tomato. Ph. D. thesis, Cairo Univ. 199 p.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1980. Responses associated with low temperature seed germinating ability in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 280 - 283.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1982. Relationship between fatty acid composition and low-temperature seed germination in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 620 - 623.

Mapelli, S., G. Torti, M. Bandino, and G. P. Soressi. 1979. Effects of GA₃ on flowering and fruit-set in a mutant of tomato. HortScience 14 : 736 - 737.

Marshall, H. G. 1982. Breeding for tolerance to heat and cold. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds). "Breeding Plants for Less Favorable Environments"; pp. 47 - 70. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Marx, G. A. and W. Mishance. 1962. Inheritance of ovule number in Pisum sativum L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80 : 462 - 467.

McGuire, G. M. and N. Thurling. 1992. Nuclear genetic control of variation in simazine tolerance in oilseed brassicas. II. Selection for simazine tolerance in a Brassica campestris population. Euphytica 61 : 153 - 160.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1989. Differential flood stress resistance of two tomato genotypes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 976 - 980.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1990. Adaptive stem and adventitious root responses of two tomato genotypes to flooding. HortScience 25 : 100 - 103.

Mersie, W., T. Mebrahtu, and M. Rangappa. 1990. Evaluation of been introductions for ozone insensitivity. HortScience 25 : 1581 - 1582.

Michalska, A. M. 1985. Low temperature germination in Lycopersicon. Tomato Genet. Coop. Rep. 35 : 7 - 8.

Miller, J. C., Jr. and J. E. Quisenberry. 1976. Inheritance of time to flowering and its relationship to crop maturity in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 497 - 500.

Miller, J. C., Jr., L. R. Baker, and D. Penner. 1973. Inheritance of tolerance to chloramben methyl ester in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 386 - 389.

Miller, J. C., Jr., K. W. Zary, and G. C. J. Fernandez. 1986 Inheritance of N₂ fixation efficiency in cowpea. Euphytica 35 : 551 - 560.

Miller, J. C., Jr., L. M. Scott, and G. C. J. Fernandez. 1987. Influence of root and shoot on N₂ fixation in cowpea. HortScience 22 : 1313 - 1315.

Minges, P. A. (Ed.). 1972. Descriptive list of vegetable varieties. Amer. Seed Trade Assoc. Washington, D. C. 194 p.

Moeljopawiro, S. and H. Ikchashi. 1981. Inheritance of salt tolerance in rice. Euphytica 30 : 291 - 300.

Mooris, J. L. 1971. The breeding aspects of vegetable seed quality. HortScience 6 : 553 - 555.

Mudd, J. B. 1975. Sulfur dioxide. In J. B. Mudd and T. T. Kozłowski (Eds) "Responses of Plants to Air Pollution" pp. 9-22. Academic Pr., N. Y.

Mudd, J. B. and T. T. Kozłowski (Eds). 1975. Responses of plants to air pollution. Academic Pr., N. Y. 383 p.

Mullineaux, P. M. 1992. Genetically engineered plants for herbicide resistance. In A. M. R. Gatehouse, V. A. Hilder, and D. Boulter (Eds) "Plant Genetic Manipulation for Crop Protection"; pp. 75 - 107. Pl. Breed. Abstr. 1992, 62 : 7517.

Myers, O., Jr. 1986. Breeding soybeans for drought resistance. Plant Breed. Rev. 4 : 203 - 243.

Nandpuri, K. S., J. S. Kanwar, S. Singh, and M. S. Saimbhi. 1975. Performance of tomato varieties under low and high temperature conditions. Haryana J. Hort. Sci. 4 : 46 - 50. (Cited from Hort. Abstr. 47 : 3679; 1977).

Nelson, R. B., D. W. Davis, J. P. Palta, and D. R. Laing. 1983. Measurement of soil water-logging tolerance in *Phaseolus vulgaris* L.: A comparison of screening techniques. Scientia Hort. 20 : 303 - 313.

Ng, T. J. and E. C. Tighehaar. 1973. Inheritance of low temperature seed sprouting in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 314 - 316.

Norlyn, J. D. 1980. Breeding salt-tolerant crop plants. In R. C. Valentine and A. Hollaender (Eds) "Genetic Engineering of Osmoregulation"; pp. 293 - 309. Plenum Pr., N. Y.

Nucz, F., J. Costa, and J. Cuartero. 1985. High and low temperature setting. Tomato Genet. Coop. Rep. 35 : 14 - 15.

Opena, R. T. and S. H. Lo. 1979. Genetics of heat tolerance in heading chinese cabbage. HortScience 14 : 33 - 34.

Ormrod, D. P., N. O. Adedipe, and D. J. Ballantyne. 1976. Air pollution injury to horticultural plants: a review. Hort. Abstr. 46 : 241 - 248.

O'Sullivan, J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1974. Variations in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.) grown under nitrogen stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 543 - 547.

Padda, D. S. and H. M. Munger. 1969. Photoperiod, temperature and genotypic interactions affecting time of flowering in beans, Phaseolus vulgaris L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 157 - 160.

Paleg, I. G. and D. Aspinall. (Eds). 1980. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Pr., N. Y. 492 p.

Pandey, S. and E. T. Gritton. 1975. Inheritance of protein and other agronomic traits in a diallel cross of pea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 : 787 - 790.

Pandita, M. L. and Wm. T. Andrew. 1967. A correlation between phosphorus content of leaf tissue and days to maturity in tomato and lettuce. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91 : 544 - 549.

Parsons, L. R. 1979. Breeding for drought resistance: what plant characteristics impart resistance?. HortScience 14 : 590 - 593.

Patterson, B. D. 1988. Genes for cold resistance from wild tomatoes. HortScience 23 : 794 & 947.

Patterson, B. D. and L. A. Payne. 1983. Screening for chilling resistance in tomato seedlings. HortScience 18 : 340 - 341.

Patterson, B. D., R. Paull, and R. M. Smilie. 1978. Chilling resistance in Lycopersicon hirsutum Humb. & Bonpl., a wild tomato with a wild altitudinal distribution. Aust. J. Plant Phys. 5 : 609 - 617 (Cited from Plant Breed. Abstr. 50 : 2523; 1980).

Pecaut, P. and J. Philouze. 1978. A sha-pat line obtained by natural mutation. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 - 12.

Pet, G. and F. Garretsen. 1983. Genetical and environmental factors influencing seed size of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) and effect of seed size on growth and development of tomato plants. Euphytica 32 : 711 - 718.

Phatak, S. C. and C. A. Jaworski. 1985. UGA 1113MT and UGA 1160MT metribuzin-tolerant tomato germplasm. HortScience 20 : 1132.

Phills, B. R., N. H. Peck, G. E. MacDonald, and R. W. Robinson. 1979.

Differential response of Lycopersicon and Solanum species to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 349 - 352.

Philouze, J. 1981. Progress of works regarding the utilization in breeding of the ability to natural parthenocarpy of the tomato variety Severianin. (In French). In J. Philouze (Ed.) "Genetics and Breeding of Tomato"; pp. 203 - 210. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in the Soviet variety Severianin. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 : 12 - 13.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978a. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in a German line. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 : 12.

Pierce, L. K. and T. C. Wehner. 1990. Review of genes and linkage groups in cucumber. HortScience 25 : 605 - 615.

Pike, L. M. and C. E. Peterson. 1969. Inheritance of parthenocarpy in cucumber (Cucumis sativus L.). Euphytica 18 : 101 - 105.

Ponti, O. M. de and F. Garretsen. 1976. Inheritance of parthenocarpy in pickling cucumbers (Cucumis sativus L.) and linkage with other characters. Euphytica 25 : 633 - 642.

Pope, D. T. and H. M. Munger. 1953. Heredity and nutrition in relation to magnesium deficiency chlorosis in celery. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 472 - 480.

Pope, D. T. and H. M. Munger. 1953. The inheritance of susceptibility to boron deficiency in celery. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 481 - 486.

Postgate, J. 1975. The physiology and genetics of nitrogen fixation. In L. Ledoux (Ed.) "Genetic Manipulations with Plant Material" pp. 123 - 134. Plenum Pr., N. Y.

Poysa, V. W., C. W. Tan, and J. A. Stone. 1987. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes. HortScience 22 : 24 - 26.

Prend, J. and C. A. John. 1976. Improvement of pickling cucumber with the determinate (dc) gene. HortScience 11 : 427 - 428.

Pyke, K. A. and C. L. Hedley. 1983. The effect of foliage phenotype and seed size on the crop growth of Pisum sativum (L.). Euphytica 32 : 193 - 203.

Quisenberry, J. E. 1979. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 193 - 212. John Wiley & Sons, N. Y. 510 p.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986. Tomato cultivar evaluation for low temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13 : 139 - 144.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986a. Tomato cultivar evaluation for high temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13 : 145 - 151.

Rains, D. W. 1979. Salt tolerance of plants: strategies of biological systems. In A. Hollander, J. C. Aller, E. Epstein, A. San Pietro, and O. R. Zahorsky (Eds) "The Biosaline Concept: An Approach to the Utilization of Under Exploited Resources"; pp. 47 - 67. Plenum Pr., N. Y.

Rains, D. 1981. Salt tolerance - new developments. In J. T. Manassah and E. J. Briskey (Eds) "Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands"; pp. 431 - 456. Academic Pr., N. Y.

Ramage, R. T. 1980. Genetic Methods to breed for salt tolerance in plants. In D. W. Rains, R. C. Valentine, and A. Hollander (Eds) "Genotypic Engineering of Osmoregulation: Impact on Plant Productivity for Food, Chemicals, and Energy"; pp. 311 - 318. Plenum Pr., N. Y.

Randle, W. M. and S. Honma. 1980. Inheritance of low temperature emergence in Capsicum baccatum var. pendulum. Euphytica 29 : 331 - 335.

Rehigan, J. B., R. L. Villareal, and S.-H. Lai. 1977. Reaction of three tomato cultivars to heavy rainfall and excessive soil moisture. Philippine J. Crop Sci. 2 : 221 - 226.

Reinert, R. A., D. T. Tingey, and H. B. Carter. 1972. Sensitivity of tomato to ozone. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 149 - 151.

Reinert, R. A., H. E. Heggstad, and W. W. Heck. 1979. Response and genetic modification of plants for tolerance to air pollutants. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 259 - 292. John Wiley & Sons, N. Y.

Reynolds, M. P. and E. E. Ewing. 1989. Heat tolerance in tuber bearing Solanum species: a protocol for screening. Amer. Potato J. 66 : 63 - 74.

Richardson, D. G. and G. J. Weisier. 1972. Foliage frost resistance in tuber-bearing solanums. HortScience 7 : 19 - 22.

Rick, C. M. 1977. Conservation of tomato species germplasm. Calif. Agr. 31 (9): 32 - 33.

Rick, C. M. 1980. Project No. 25: Mechanisms to facilitate production of hybrid tomato seed. Univ. Calif., Davis.

Robinson, R. W., H. M. Munger, T. W. Whitaker, and G. W. Bohn. 1976. Genes of the cucurbitaceae. HortScience 11 : 554 - 568.

The Rockefeller Foundation. 1966. Progress Report: Toward the conquest of hunger 1965 - 1966. N. Y. 231 p.

Rousos, P. A. and H. C. Harrison. 1987. Identification of differential responses of cabbage cultivars to copper toxicity in solution culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 928 - 931.

Rudich, J., E. Zamski, and Y. Regev. 1977. Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato pollination and fruit set. Bot. Gazette 138: 448 - 452.

Rush, D. W. 1986. Physiological and genotypic responses to salinity in two species of tomato. Dissertation Abstr. International, B. 46 (12): 4088B.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1976. Genotypic responses to salinity: differences between salt sensitive and salt tolerant genotypes of tomato. Plant Phys. 57 : 162- 166.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 699 - 704.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981a. Comparative studies on the sodium, potassium, and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt - sensitive tomato species. Plant Phys. 68 : 1308 - 1313.

Ryder, E. J. 1979. Leafy salad vegetables. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 266 p.

Sacher, R. F. and R. C. Staples. 1983. Ion regulation and response of tomato to sodium chloride: a homeostatic system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 566 - 569.

Sacher, R. F., R. C. Staples, and R. W. Robinson. 1982. Saline tolerance in hybrids of Lycopersicon esculentum x Solanum pennellii and selected breeding lines. In A. San Pietro (Ed.) "Biosaline Concept: A Look to the Future"; pp. 325 - 335. Plenum Pr., N. Y.

Saranga, Y., J. Rudich, and D. Zamir. 1987. Salt tolerance of cultivated tomato, its wild relatives, and interspecific segregating populations (Abstr.). Acta Hort. 200 : 203.

Saranga, Y., D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1993. Breeding tomatoes for salt tolerance: variations in ion concentrations associated with response to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 : 405 - 408.

Schaff, D. A., C. D. Clayberg, and G. A. Milliken. 1987. Comparison of TTC and electrical conductivity heat tolerance screening techniques in Phaseolus. HortScience 22 : 642 - 645.

Schaible, L. W. 1962. Fruit setting responses of tomatoes to high night temperatures. In Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium"; pp. 89 - 98. Camden, N. J.

Scott, J. W. and W. L. George, Jr. 1984. Influence of pollination treatments on fruit set and development in parthenocarpic tomato. HortScience 19 : 874 - 876.

Scott, S. J. and R. A. Jones. 1982. Low temperature seed germination of Lycopersicon species evaluated by survival analysis. Euphytica 31 : 869 - 883.

Scully, B. T. and D. H. Wallace. 1990. Variation in and relationship of biomass, growth rate, harvest index, and phenology to yield of common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 218 - 225.

Scully, B. T., D. H. Wallace, and D. A. Viands. 1991. Heritability and correlation of biomass, growth rates, harvest index, and phenology to the yield of common beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 : 127 - 130.

Shannon, M. C. 1980. Differences in salt tolerance within "Empire" lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 944 - 947.

Shannon, M. C. and J. D. McCreight. 1984. Salt tolerance of lettuce introductions. HortScience 19 : 673 - 675.

Shannon, M. C., G. W. Bohn, and J. D. McCreight. 1984. Salt tolerance among muskmelon genotypes during seed emergence and seedling growth. HortScience 19 : 828 - 830.

Shannon, M. C., J. W. Gronwald, and M. Tal. 1987. Effects of salinity on growth and inorganic ions in cultivated and wild tomato species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 416 - 423.

Sharpe, R. H. and W. B. Sherman. 1971. Breeding blueberries for low-chilling requirement. HortScience 6 : 145 - 147.

Shea, P. F., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1967. The inheritance of efficiency in potassium utilization in snapbeans (*Phaseolus vulgaris* L.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91 : 286 - 293.

Shelby, R. A. 1975. The nature and mechanism of tomato heat tolerance. Auburn Univ., Alabama. Diss. Abstr. Intl. B. 1975, (6) : 2598 B.

Shelby, R. A., W. H. Greenleaf, and C. M. Peterson. 1978. Comparative floral fertility in heat tolerant and heat sensitive tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 778 - 780.

Smeets, L. and F. Garretsen. 1986. Inheritance of growth characters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under low energy conditions. Euphytica 35 : 877 - 884.

Smeets, L. and N. G. Hogenboom. 1985. Introduction to an investigation into the possibilities of using physiological characters in breeding tomato for low energy conditions. Euphytica 34 : 705 - 707.

Smith, P. G. and A. H. Millett. 1986. Observations on low temperature fruit and seed set in tomatoes. Veg. Improv. Newsletter 10 : 12.

Sneep, J. and A. J. T. Hendriksen (Eds) and O. Holbek (Coed.). 1979. Perspectives. Centre for Agr. Pub. and Documentation, Wageningen. 435 p.

Somers, G. F. 1979. Production of food plants in areas supplied with highly saline water: problems and prospects. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 107 - 125. John Wiley & Sons, N. Y.

Staples, R. C. and G. H. Toenniessen (Eds). 1984. Salinity tolerance in plants for crop improvement. Wiley - Interscience, N. Y. 443 p.

Staub, J. E., J. J. Pavcek, and I. R. McCann. 1991. Using Canopy temperature measurements to evaluate drought tolerance of potato genotypes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 : 412 - 415.

Staub, J. E. and L. K. Crubaugh. 1989. Tolerance of cucumber to chloramben herbicide. *Cucurbit Genet. Coop.* 12 : 7 - 8.

Stavarek, S. J. and D. W. Rains. 1984. The development of tolerance to mineral stress. *Hort-Science* 19 : 377 - 382.

Stephenson, G. R., L. R. Baker, and S. K. Ries. 1971. Metabolism of Pyrazon in susceptible species and inbred lines of tolerant red beet (Beta vulgaris L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 145 - 147.

Stevens, M. A. 1980. Utilization of natural varieties to develop resistance to biotic and environmental stress in processing tomato cultivars. *Acta Hort.* 100 : 405 - 410.

Stevens, M. A. 1981. Resistance to heat stress in crop plants. In J. T. Manassah and E. J. Briskey (Eds) "Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands"; pp. 457 - 487. Academic Pr., N. Y.

Stevens, M. A. and C. M. Rick. 1986. Genetics and breeding. In J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 35 - 109. Chapman and Hall, London.

Stevens, M. A. and J. Rudich. 1978. Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability, yield and quality in the tomato. *HortScience* 13 : 673 - 678.

Stoffella, P. J. and B. A. Kahn. 1986. Root system effects on lodging of vegetable crops. *HortScience* 21 : 960 - 963.

Stoner, A. K. and B. E. Otto. 1975. A greenhouse method to evaluate high temperature setting ability in the tomato. *HortScience* 10 : 264 - 265.

Stoskopf, N. C. 1981. Understanding crop production. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia. 433 p.

Subramanya, R. 1983. Transfer of genes for multiple flowers from Capsicum chinense to Capsicum annuum. *HortScience* 18 : 747 - 749.

Taha, E. M. E. 1971. Evaluation of some varieties to salt tolerance. M. S. thesis, Faculty of Agric., Ain Shams Univ. 197 p.

Tal, M. 1984. Physiological genetics of salt resistance in higher plants: studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells. In R. C. Staples and G. H. Toennissen (Eds) "Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement"; pp. 301-320. Wiley - Interscience, N. Y.

Tal, M. And M. C. Shannon. 1983. Salt tolerance in wild relatives of cultivated tomato: responses of Lycopersicon F₁ hybrids to high salinity. *Austr. J. Plant Phys.* 10 : 109 - 117.

Tanksely, S. D. and J. Iglesias - Olivas. 1984. Inheritance and transfer of multiple - flower character from Capsicum chinense into Capsicum annuum. Euphytica 33 : 769 - 777.

Tarkanov, G. I., S. A. Dovedar, L. G. Avakimova, E. N. Andreeva and E. A. Sysina. 1978. Methods of increasing fruit set in tomato under high temperature conditions. (In Russian). Leningrad, USSR, p. 123 - 129. Referativnyi Zhurnal (1979) 6. 55. 330.

Taylor, A. G., J.E. Motes, and M. B. Kirkham. 1982. Germination and seedling characteristics of three tomato species affected by water deficits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 282 - 285.

Thompson, P. G., H. A. Mendoza, and R. L. Plastid. 1983. Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an Andigena population. Amer. Potato J. 60 : 393.

Thompson, A. E., D. T. Ray, M. Livingston, and D. A. Dierig. 1988. Variability of rubber and plant growth characteristics among single-plant selections from a diverse guayle breeding population. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 : 608 - 611.

Thorne, G. N. 1960. Variations with age in net assimilation rate and other growth attributes for sugar - beet, potato, and barley in a controlled environment. Ann. Bot., N. S. 24 : 356 - 371.

Tripp, K. E. and H. C. Wien. 1989. Screening with ethephon for abscission resistance of flower buds in bell pepper. HortScience 24 : 655 - 657.

Trizek, D. T. 1979. Plant response to atmospheric stress caused by water logging. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 293 - 334. John Wiley & Sons, N. Y. 510 p.

Turner, N. C. and P. J. Kramer (Eds). 1980. Adaptation of Plants to water and high temperature stress. John Wiley & Sons, N. Y. 482 p.

University of Arizona, Tucson. 1980. Report on research at the University of Arizona 1979 - 1980. 39 p.

Van de Dijk, S. J. and J.A. Maris. 1985. differences between tomato genotypes in net photosynthesis and dark respiration under low light intensity and low night temperatures. Euphytica 34 : 709 - 716.

Van de Dijk, S. J. 1987. Inheritance of net photosynthesis, dark respiration, stomatal resistance and related characters in tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) under low energy conditions. Euphytica 36 : 193 - 203.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989. Genetics of parthenocarp in tomato under a low temperature regime : I. Line RP 75/59. Euphytica 41 : 1 - 8.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989a. Genetics of parthenocarp in tomato under a low temperature regime II. Cultivar "Severianin". Euphytica 41 : 9 - 15.

Vecchi, P. T. D. and C. E. Peterson. 1984. Inheritance of flowering response in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 761 - 763.

Villareal, R. L. and S. H. Lai. 1979. Development of heat-tolerant tomato varieties in the tropics. In Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato, Oct. 23 - 27, 1978"; pp. 188 - 200. Shanhu, Taiwan.

Villareal, R. L., S. H. Lai, and S. H. Wong. 1978. screening for heat tolerance in the genus Lycopersicon. HortScience 13 : 479 - 481.

Vose, P. B. 1967. The concept, application and investigation of nutritional variation within crop species. In International Atomic Energy Agency "Isotopes in Plant Nutrition and Physiology, Proceedings"; pp. 539 - 548. Vienna.

Walbot, V. 1977. Quick field assays for photosynthetic mutants and water potential of plant tissues. HortScience 12 : 445 - 446.

Walden, R. 1988. Genetic transformation in plants. Open Univ. Pr., Milton Keynes. 138 p.

Walker, M. A., D. M. Smith, K. P. Paulus, and B. D. McKersie. 1990. A chlorophyll fluorescence screening test to evaluate chilling tolerance in tomato. HortScience 25 : 334 - 339.

Wall, J. R. and C. F. Andrus. 1962. The inheritance and physiology of response in the tomato. Amer. J. Bot. 49 : 758 - 762.

Wallace, D. H., F. A. Martin, and J. L. Ozbun. 1971. Selecting for photosynthetic efficiency in segregating bean populations. HortScience 6 (3, Sect. 2) Abstr. 166.

Wallace, D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. Agron. 24 : 97 - 146.

Way, R. D., J. C. Sanford, and A. N. Lakso. 1983. Fruitfulness and productivity. In J. N. Moore and J. Janick (Eds) "Methods in Fruit Breeding"; pp. 353 - 367. Purdue Univ. Pr., West Lafayette, Indiana.

Weast, R. O. (Ed.). 1976. (56th ed.). Handbook of chemistry and physics. CRC Press, Cleveland, Ohio. p. D-249.

Wcavcr, M. L. and H. Timm. 1989. Screening tomato for high temperature tolerance through pollen viability tests. HortScience 24 : 493 - 495.

Wehner, T. C. 1984. Estimates of heritabilities and variance components for low - temperature germination ability in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 664 - 667.

Wehner, T. C. and E. T. Gritton. 1981. Effect of the n gene on pea pod characteristics. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 181 - 183.

Whitaker, T. W. 1974. Cucurbita. In R. C. King (Ed.) "Handbook of Genetics, Vol. 2:

Plants, Plant Viruses, and Protists"; pp. 135 - 144. Plenum Pr., N. Y.

Whitaker, T. W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits. Interscience Pub., Inc., N. Y. 249 p.

Whittington, W. J. and P. Fierlanger. 1972. The genetic control of time to germination in tomato. Ann. Bot. 36 : 873 - 880.

Wien, H. C. 1990. Screening pepper cultivars for resistance to flower abscission : a comparison of techniques. HortScience 25 : 1634 - 1636.

Wilson, D. 1981. Breeding for morphological and physiological traits. In K. J. Frey (Ed.) "Plant Breeding II"; pp. 233 - 290. The Iowa State Univ. Pr., Ames.

Wolf, S., D. Yakir, M. A. Stevens, and J. Rudich. 1986. Cold temperature tolerance of wild species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 11 : 960 - 964.

Wolff, D. W., W. W. Collins, and T. J. Monaco. 1992. Inheritance of tolerance to the herbicide Bentazon in peppers (*Capsicum annuum* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 : 985 - 990.

Wright, M. J. (Ed.). 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Ithaca. 420 p.

Yassin, T. E. 1988. Inheritance of three agronomic characters in *Lycopersicon* interspecific crosses. J. Agric. Sci., Camb. 110 : 471 - 474.

Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1989. Selection for physiological characters - examples from breeding for salt tolerance. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 217 - 234. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Zaiter, H. Z., D. P. Coyne, and R. B. Clark. 1987. Temperature, grafting method, and root-stock influence on iron-deficiency chlorosis of bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 1023 - 1026.

Zaiter, H. Z., D. P. Coyne, and R. B. Clark. 1987a. Genetic variation and inheritance of resistance of leaf iron-deficiency chlorosis in beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 1019 - 1022.

Zamir, D. and M. Tal. 1987. Genetic analysis of sodium, potassium and chloride ion content in *Lycopersicon*. Euphytica 36 : 187 - 191.

Zamir, D., S. D. Tanksley, and R. A. Jones. 1981. Low temperature effect on selective fertilization by pollen mixtures of wild and cultivated tomato species. Theor. Appl. Genet. 59 : 235 - 238.

Zobel, R. W. 1986. Rhizogenetics (Root genetics) of vegetable crops. HortScience 21 : 956 - 959.



النمو الخضري ويزور النبات المحب للملوحة. *Batis* spp.